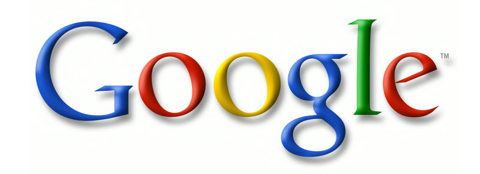


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



PROPERTY OF
University of
Michigan
Libraries
1817
ARTES SCIENTIA VERITAS

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE METHODEN DER REKONSTRUKTION

VON

KARL PETER

GREIFSWALD

MIT 40 ABBILDUNGEN



JENA

VERLAG VON GUSTAV FISCHER

1906

Digitized by Google

Sci
SCIENCE
LIBRARY
QH
207
P4E

Digitized by Google

INHALT.

Digitized by Google

Digitized by Google

DEM ANDENKEN

GUSTAV BORNS

193258

Digitized by Google

Digitized by Google

VORWORT.

Der Zweck des vorliegenden Büchleins ist ein doppelter: einmal soll es zur Orientierung über Leistungsfähigkeit und Resultate der graphischen und plastischen Rekonstruktionsmethoden dienen und somit auch Fernerstehenden die Brauchbarkeit und Anwendungsweise der jetzt erheblich vervollkommneten und vereinfachten Verfahren vor Augen führen; dann aber soll diese Anleitung auch denjenigen, welcher Rekonstruktionen ausführen will, in den Stand setzen, seinen Zweck zu erreichen, ohne die zerstreute Spezialliteratur durchmustern zu müssen. Es ist nun bekanntlich sehr schwer, eine genaue Vorschrift für eine Methode zu geben, bei welcher mündliche Unterweisung fast unerläßlich ist; ich hoffe diesem Mangel einigermaßen dadurch abgeholfen zu haben, daß ich eine Anzahl von Abbildungen beifügte, welche den Werdegang der Rekonstruktion illustrieren.

Es existieren bereits drei Zusammenfassungen der uns interessierenden Methoden: die erste kurze gab BORN in dem Taschenbuch der mikroskopischen Technik von BÖHM und OPPEL; eine zweite habe ich selbst für die Enzyklopädie der mikroskopischen Technik gefertigt, und auch ROETHIG hat seinem Handbuch der embryologischen Technik ein Kapitel »Rekonstruktionsverfahren« angefügt; da aber die Vorschriften in diesen Zusammenstellungen etwas kurz ausfallen mußten, so möchte ich annehmen, daß eine erschöpfende und genügend illustrierte Darstellung der Rekonstruktionsmethoden, dieses

Digitized by Google

wichtigen Hilfsmittels der anatomischen und zoologischen Forschung, doch nicht überflüssig sei.

Einer Entschuldigung bedürfen wohl bei erfahreneren Forschern die vielen, vielleicht unnötig erscheinenden Regeln; sie sind aus der Praxis hervorgegangen; die Fehler, welche durch sie vermieden werden sollen, sind alle gemacht worden.

Für die hauptsächlich zur Verwendung kommenden Methoden habe ich selbst Rekonstruktionen angefertigt, und zwar immer von dem gleichen Objekt, um einen Vergleich der Leistungen der Verfahren zu gestatten: es handelt sich um das Gehirn von Eidechsenembryonen von etwa 38 Ursegmenten (vgl. Normentafel zur Entwicklung der Eidechse, Jena, Fischer, Nr. 85), welche einem Muttertier entnommen waren.

Herr Prof. Pohlman-Bloomington war so liebenswürdig, mir seine Abhandlung »The Elements of three Dimension Reconstruction« im Manuskript zu schicken, in der eine große Menge von neuen praktischen Hülfsmitteln angegeben ist, welche ich dem Büchlein habe einverleiben dürfen. Besonders seine Zeichentafel wird als ein großer Fortschritt begrüßt werden. Auch hier spreche ich der Bereitwilligkeit des Herrn Kollegen herzlichsten Dank aus! Derselbe gebührt auch Herrn Prof. Sobotta, dessen Kunstfertigkeit ich eine große Zahl von Photographieen verdanke, die zu den Abbildungen verwendet wurden. Die Ausführung der Zeichnungen hatte Herr Maler Hajek, Würzburg, übernommen.

Herrn Dr. Fischer danke ich ergebenst für das bereitwillige Entgegenkommen, das er meinen Wünschen gegenüber gezeigt hat, und für die schöne Ausstattung des Werkchens.

Greifswald, April 1906.

Karl Peter.


Digitized by Google

Aufgabe und Bedeutung der Rekonstruktionsmethoden.

Die älteren Forscher, welche ihre Objekte, soweit sie nicht der Präparation mit Skalpell und Pinzette zugänglich waren, unter der Lupe zergliederten, hatten vor uns, die wir uns bei unseren embryologischen und histologischen Untersuchungen fast ausschließlich der Schnittserientechnik bedienen, einen großen Vorteil voraus: sie behielten stets ein plastisches Bild vor Augen und konnten ihr Objekt wie ein makroskopisches behandeln. Unsere Untersuchungsweise von Schnittreihen, die mit der Vervollkommnung des Mikrotoms der mikroskopischen Anatomie und besonders der Entwicklungsgeschichte unschätzbare Dienste geleistet hat, liefert uns eben nur Schnittbilder. Die körperliche Anschauung der Gebilde leidet nicht wenig darunter: davon zeugen viele Arbeiten, welche mit öden Schnittbeschreibungen angefüllt sind.

Indes wurden gleichzeitig mit der Erfindung der neuen Technik bedeutende Forscher auf diese Gefahr aufmerksam und suchten sich aus den Schnittreihen die körperlichen Formen des geschnittenen Objekts wieder aufzubauen. Dazu bedurfte es eigener Methoden, welche den Gegenstand dieser Anleitung bilden. Die kleinen Objekte, um die es sich dabei handelt, sind der Präparation unter der Lupe nicht mehr zugänglich, und eine »Rekonstruktion im Kopf«, ein Durchsehen der aufeinander folgenden Schnitte und Aufbauen der Gestalt eines Gebildes ohne zeichnerische Grundlage führt nur selten,

Digitized by Google

höchstens bei einfachsten Formen zum Ziel, ist jedenfalls unverläßlich. Ich darf hier wohl His' Worte anführen, die er im 3. Heft seiner Anatomie menschlicher Embryonen in eine Beschreibung der Rekonstruktionsmethoden einfügt: »Noch heute, nach vieljähriger Beschäftigung mit embryonalen Schnitten und mit deren Wiederaufbau, wage ich es nicht, mir aus der Schnittbetrachtung allein eine Gesamtvorstellung von der wirklichen Form zu machen, und bei jeder Konstruktion erfahre ich wieder die eine oder die andere unerwartete Überraschung.«

Die Hauptaufgabe der Rekonstruktionsmethoden ist also die, plastische Anschauung von in Schnittserien zerlegten Objekten zu vermitteln, hauptsächlich von kleinen Gebilden, deren Wesen erst aus dem Schnitt erkannt werden kann. Die einzelnen Verfahren erreichen diesen Zweck auf verschiedene Weise, mit Hilfe von Zeichnungen oder von körperlichen Modellen.

Daneben liefern die plastischen Methoden durch ihre körperlichen Modelle ein gutes Demonstrationsmittel. Zu diesem Zweck wurden schon vor der Einführung des Serienschneidens die Eckerschen Modelle der Entwicklung des Gesichts des menschlichen Embryos und des Frosches angefertigt und haben sich vorzüglich bewährt. Die später aus dem Institut von Ziegler in Freiburg i. B. hervorgegangenen Wachsmodelle nach den Arbeiten von His, Born, Keibel u. a. sind zu bekannt, als daß sie einer Erwähnung bedürften.

Diese Aufgaben unserer Methoden sind von einsichtigen Forschern nie verkannt worden. Dagegen sind von gewichtiger Seite tadelnde Worte über allzu häufige Verwendung besonders der Plattenmodelliermethode laut geworden; ein gutes Lupenbild soll mehr bieten, als die Abbildung eines

Digitized by Google

Modells, das etwas gröbere Verhältnisse wiedergibt. Dabei ist aber zu beachten, daß die Aufgaben und Leistungen einer direkten Zeichnung und der Abbildung eines Modells recht verschiedene sind. Das Lupenbild z. B. eines Embryo, selbst wenn dieser durchgefärbt worden ist, zeigt eine Menge von Gebilden, welche unter der Haut liegen und durchscheinend ein Oberflächenrelief vortäuschen. Das völlig undurchsichtige Modell dagegen gibt nur das Relief selbst wieder, besitzt daher ein einfacheres und sicher weniger ästhetisches Äußere, dafür zeigt es aber diese Oberfläche in voller Treue, während unter der Lupe manches als Vertiefung oder Erhöhung erscheint, was nur auf durchscheinende Organe zurückzuführen ist. Ich glaube daher nicht, daß hier eine Überschätzung der Rekonstruktionsverfahren vorliegt; ihre unnütze Verwendung verbieten schon die zeitraubenden Manipulationen.

Natürlich will ich anderen Methoden, wenn sie in kürzerer Zeit zu demselben Ziele führen, ihre hohe Wichtigkeit nicht absprechen; soweit möglich, bediene man sich der Zergliederung unter der Lupe; auch Mazeration, Injektion u. a. Verfahren geben in vielen Fällen schneller Aufschluß über bestimmte Fragen, als die Rekonstruktionsmethoden.

Rückblick auf die Entwicklung der Rekonstruktionsmethoden.

Wie schon bemerkt, war es die Einführung des Serienschneidens, welche den Anlaß zur Erfindung der Rekonstruktionsmethoden gab. His gebührt das Verdienst, als der erste den Mangel der neuen Technik empfunden zu haben: um bei der Betrachtung der Schnittbilder nicht der körperlichen

Digitized by Google

Anschauung des Objekts verlustig zu gehen, erdachte er seine projektive Konstruktion. Sie gestattete ihm, durch Nebeneinanderreihen bestimmter Abschnitte eines jeden Schnittes der Serie, die z. B. quer durch einen Embryo gelegt ist, Schnittbilder zu zeichnen, welche andere Ebenen des Objekts wiedergeben, z. B. Sagittal- oder Frontalschnitte. His arbeitete auf diesem Wege die Embryonen genau durch und wurde so in den Stand gesetzt, dieselben frei zu modellieren. So entstanden seine durch die ganze Welt verbreiteten Modellserien der Entwicklung des Hühnchens, des Lachses und des menschlichen Embryo.

Wie dringend sich die Notwendigkeit ergab, aus der Serie zu einer plastischen Anschauung zu gelangen, wird dadurch bewiesen, daß in der Zeit zwischen dem Erscheinen der beiden grundlegenden Hisschen Werke, in denen er sein Verfahren beschrieb, den »Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbeltierleibes« und der »Anatomie menschlicher Embryonen«, Krieger ganz unabhängig auf dieselbe Idee kam und sich des gleichen Verfahrens beim Studium des Zentralnervensystems der Krebse bediente, und daß gleichzeitig oder nur wenig später andere Methoden empfohlen wurden, welche dem gleichen Zwecke dienten.

His' projektive Konstruktion lieferte Schnittbilder, die nur umständlich und ungenau plastisch gestaltet werden können. Dann modellierte er sein Objekt frei. In dieser letzten schwierigen Prozedur, welche ein ungewöhnliches Talent für die Überwindung der vielen Fehlerquellen der Methode erfordert, konnte ihm wohl niemand folgen. Das Wichtigste war aber eine plastische Synthese des Objekts aus den Schnitten, und so zielten die neuen Verfahren darauf hin, entweder in Gestalt einer Zeichnung oder eines Modells mittels

Digitized by Google

leicht zu handhabender Methode ein körperliches Bild des gewünschten Objekts zu geben.

Es kam daher Born auf den Gedanken, das Objekt, das in eine Reihe von Schnitten zerlegt worden war, ganz oder nur in bestimmten Teilen wieder in umgekehrter Weise aus entsprechend vergrößerten Schnittplatten aus Wachs von entsprechender Dicke in vergrößertem Maßstab zusammenzusetzen. Das Verfahren des »Plattenmodellierens« hatte den Vorzug, subjektive Momente bei der Herstellung der Modelle fast völlig auszuschließen und keine großen technischen Fertigkeiten zu verlangen. Es hat die plastische Rekonstruktion erst weiteren wissenschaftlichen Kreisen zugänglich gemacht. Auch His hat sich später der Bornschen Methode bedient und Selenka ein ähnliches Verfahren ersonnen.

Freilich war die Herstellung der ersten Plattenmodelle mit vielen Schwierigkeiten verknüpft, selbst wenn man vom Einbetten und Serienschneiden, damals noch recht komplizierten Prozeduren, absieht. Die Wachsplatten, durch deren Zusammenfügung das Modell entstehen sollte, wurden auf heißem Wasser gegossen, ihre Dicke aus dem Gewicht der sich in gleichmäßiger Schicht ausbreitenden Masse geschmolzenen Wachses berechnet; die Modelle waren auch noch sehr zerbrechlich. Erst als Strasser das Wachs zu walzen empfahl und den Platten Papier einverleibte, ließen sich gleichmäßig dicke Wachspapiertafeln von größerer Festigkeit und Biegsamkeit gewinnen.

Eine dritte Art von Rekonstruktionen, welche plastische Zeichnungen liefert, war gleichzeitig von verschiedenen Forschern angewandt worden. Stöhr, Froriep, Dohrn zeichneten bestimmte Teile von Schnitten auf Pauspapier, hielten die in richtiger Weise aufeinandergelegten Bilder an das Licht und

Digitized by Google

konnten schon so mit Hilfe der gleichzeitig gesehenen verschiedenen Umrisse, welche das betreffende Organ in den einzelnen Schnitten besaß, einfache körperliche Verhältnisse zeichnerisch wiedergeben. STRASSER und KASCHTSCHENKO bildeten diese »Pauskombination« weiter aus, indem sie die in den verschiedenen Schnitten getroffenen Umrisse eines Organs auf ein Blatt Papier ineinander zeichneten und aus diesem Liniensystem eine plastische Abbildung herstellten, welche das betreffende Organ von oben darstellte (die Schnittrichtung als horizontal angenommen): Flächenprojektion oder graphische Isolierung.

Alle diese Verfahren litten darunter, daß das richtige Aufeinanderpassen der Schnittbilder oder Wachsplatten nicht exakt genug herzustellen war. Zwar hüteten Lupenzeichnungen, die vom unzerschnittenen Objekt in größerer Zahl angefertigt wurden, auch der Verlauf von in den Schnitten selbst gelegenen Gebilden, wie Chorda oder Wirbelsäule, vor groben Verschiebungen, doch trat immer dringender das Bedürfnis nach Marken, welche ein völlig exaktes Aufeinanderpassen ermöglichten, hervor. STRASSER und KASCHTSCHENKO kamen gleichzeitig darauf, in den Block senkrecht zur Schnittrichtung verlaufende Richtzeichen einzufügen, die in jedem Schnitt an der gleichen Stelle erschienen und beim Aufbau des Modells oder der Zeichnung wieder senkrecht übereinander stehen mußten (Richtebenen oder Definierebenen).

Diese Erfindung kam allen Arten der Rekonstruktion zugute und verlieh ihnen einen Grad der Exaktheit, der keiner Verbesserung bedürftig schien; in der Tat, alle bessernden Vorschläge, welche die Technik der Rekonstruktion selbst betrafen, haben sich entweder nicht bewährt oder sind von untergeordnetem Werte.

Digitized by Google

Eine besondere Hervorhebung verdienen die Aufsätze STRASSERS, welche außer den beiden eben genannten wichtigen Einführungen der Richtebenen und der Wachspapierplatten einmal genaue theoretische Angaben über das Studium von Schnittserien und die Gewinnnng plastischer Vorstellungen aus Schnittbildern machen, und dann eine Fülle von Vorschlägen für alle Manipulationen der Rekonstruktionstechnik enthalten, sowohl für die vorbereitenden Operationen (Anbringen von Richtzeichen) als auch für das Rekonstruieren selbst. Viele der in diesen Schriften angeführten Verfahren sind später »neu« erfunden worden; andere haben sich nicht als lebensfähig erwiesen, so die von STRASSER warm empfohlenen Plattendiagramme, bei welchen die sehr ausführlichen Schnittbilder richtig aufgereiht, aber nicht zum Modell verklebt wurden; sie gaben »über die gegenseitigen räumlichen Lageverhältnisse sehr vieler Teile zugleich Aufschluß«, doch mußte man sich den körperlichen Eindruck erst durch Ansehen der Schnittbilder verschaffen.

Während die eigentlichen Rekonstruktionsverfahren damit fertig waren — eine große Erleichterung brachte für das Zeichnen noch die Einführung des Projektionsapparates mit seinem umfangreichen Gesichtsfeld —, machten sich immer noch Mängel in den vorbereitenden Operationen des Orientierens und Anbringens von Richtebenen geltend, zu deren Beseitigung unablässig bessernde Ratschläge erteilt wurden. Apparate, welche den Paraffinblock zurechtschnitten, wurden in verschiedenen Formen empfohlen (von KASCHTSCHENKO, BORN, STRASSER, dann SCHAFFER, ÉTERNOD, SUZUKI); Ritzer zum Eingraben der Richtlinien gaben KEIBEL, ALEXANDER an; SCHAPER verzichtete ganz auf eine Definierebene und griff auf die Benutzung des Mediankonturs als Richtlinie zurück usw.

Digitized by Google

Eine größere Veränderung brachte die Arbeit von Born und Peter, in der einleitend Born seine früher gebrauchte, nicht veröffentlichte Methode beschrieb, die für viele Fälle verwendbar ist, und dann ein Verfahren entwickelt wurde, mittels dessen das Orientieren und Herstellen der Richtebene gleichzeitig mit dem Gießen des Blockes ausgeführt wurde, ein Verfahren, das große Exaktheit mit Vereinfachung des Instrumentars verband, und das neben Borns eben erwähnter Methode und — bei großen Objekten — neben Schapers Vorschlag für alle Fälle genügen dürfte.

Der Embryologe war es, der zuerst die Notwendigkeit der Rekonstruktionsmethoden einsah. So kam es, daß sich anfangs ausschließlich die Entwicklungsgeschichte dieses Hilfsmittels bediente. Erst später nahmen sich auch andere Disziplinen des neuen Verfahrens an, und es ist mit Freuden zu begrüßen, daß auch auf dem Gebiete der mikroskopischen sowie der pathologischen Anatomie die Vorzüge der Rekonstruktionen, besonders der Plattenmodelliermethode, erkannt worden sind. Möge diese Anleitung dazu beitragen, die Leistungsfähigkeit dieser Methoden auch weiteren Kreisen vor Augen zu führen!

Einteilung der Rekonstruktionsmethoden.

Die Rekonstruktionsmethoden teilt man in zeichnerische, graphische (zweidimensionale) und plastische (dreidimensionale) ein, je nachdem sie eine Zeichnung oder ein körperliches Modell des zu rekonstruierenden Gegenstandes liefern.

Die zeichnerischen Verfahren geben Bilder von Schnitten durch das Objekt, welche in anderen Ebenen liegen als die Schnittebene selbst oder Oberflächenansichten eines Gegen-

Digitized by Google

standes, — oder endlich sie stellen das Dickenverhältnis von Lamellen oder das Wachstum embryonaler Gebilde graphisch dar.

Eine dritte, seltener angewandte Methode, aus einer Schnittserie den körperlichen Eindruck eines Objekts zu gewinnen, ist die Herstellung von Diagrammen.

Wahl der Methode.

Bei der Wahl der Methode — ich beschränke mich auf die drei zu empfehlenden Verfahren BORNS, HIS' und KASCHTSCHENKOS — wird man sich von dem zu erreichenden Ziel und den Leistungen der einzelnen Verfahren bestimmen lassen. Als universale und am häufigsten angewandte Methode ist zwar BORNS Plattenmodellieren zu bezeichnen, doch wird man in vielen Fällen mit graphischer Rekonstruktion schneller das Gewünschte erreichen; die verschiedenen Verfahren ergänzen sich. Einige orientierende Bemerkungen seien hier vorausgeschickt.

Die Plattenmodelliermethode BORNS ist allen anderen dadurch überlegen, daß sie ein körperliches Modell des zu rekonstruierenden Gegenstandes liefert, welches in vergrößertem Maßstab ein getreues Abbild desselben ist. Das Modell kann von allen Seiten betrachtet werden, ist gut demonstrabel, läßt sich zerlegen wie das Objekt selbst und gibt selbst äußerst verwickelte Verhältnisse in verständlicher Weise wieder. Die Mängel der Methode sind gering. Einmal ist es schwierig, mittels derselben dünne Häutchen, enge Spalten und feine Stränge, wie Nerven und Gefäße, zu modellieren; manchmal wird man sich genötigt sehen, derartige zarte Gebilde etwas gröber wiederzugeben, wodurch die

Digitized by Google

Naturtreue des Modells Einbuße erfährt. Dies ist jedoch ein Übelstand, der die Anwendung des Verfahrens, wo es sich notwendig macht, nicht ausschließt; Übung und Exaktheit lassen diese Schwierigkeiten überwinden. Dann aber ist das Plattenmodellieren sehr zeitraubend; es sollten daher die zeichnerischen Methoden in Fällen, in denen sie ausreichen, vorgezogen werden.

Diese graphischen Rekonstruktionsverfahren ergeben nur Abbildungen von Schnitten oder plastische Ansichten.

Letztere erhält man mittels der Pauskombination, welche von KASCHTSCHENKO zur graphischen Isolierung verfeinert wurde. Einige besondere Erfordernisse und Nachteile des Verfahrens (bestimmte Schnittrichtung, Notwendigkeit von Zeichentalent) können erst nach seiner Beschreibung besprochen werden; hier sei nur darauf hingewiesen, daß eine plastische Zeichnung, die nur eine Ansicht wiedergibt, natürlich nicht ein Modell ersetzen kann, zumal wenn es sich um einigermaßen komplizierte Gebilde handelt. Indes leistet die graphische Isolierung bei einfacheren Verhältnissen der schnelleren Ausführbarkeit wegen sehr gute Dienste, zumal wenn es sich um den Verlauf von Nerven und Gefäßen handelt.

Die dritte zu empfehlende Methode, HIS' projektive Konstruktion, gestattet Schnittbilder zu zeichnen, die Ebenen darstellen, welche senkrecht oder schräg zur Schnittebene des Objekts liegen. Hier handelt es sich hauptsächlich um ein sehr lehrreiches Durcharbeiten, z. B. eines Embryo. Besonders anzuraten ist die projektive Konstruktion bei seltenen Objekten (menschlichen Embryonen), von denen genügend reichhaltiges Material nicht zu beschaffen ist, um verschiedene Exemplare desselben Entwicklungsgrades in verschiedenen Richtungen zu schneiden und dadurch Einblick

Digitized by Google

in die Plastik der inneren Organe zu erlangen. Mittels dieser Methode kann man also z. B. einen Medianschnitt durch einen Embryo aus einer Querschnittserie konstruieren.

Nebenbei sei bemerkt, daß auch andere graphische Verfahren, welche das Wachstum embryonaler Teile und die Dickenverhältnisse von Lamellen bestimmen, gegebenenfalls sich als brauchbar erweisen werden.

Demnach bediene man sich, wenn man von einem Objekt Schnittbilder bedarf, welche nicht in der Schnittrichtung liegen, der Hisschen projektiven Konstruktion. Handelt es sich um die Darstellung körperlicher Verhältnisse, so genügt in vielen Fällen bei einfacheren Formen Kaschtschenkos graphische Isolierung; meist wird man sich aber zur Anfertigung eines Plattenmodells nach Borns Methode entschließen müssen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Erster Teil.

Vorbereitende Operationen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Objekte, von welchen eine Rekonstruktion angefertigt werden soll, müssen in bestimmter Weise für diesen Zweck vorbereitet werden. Sie müssen, da viele Verfahren eine bestimmte Schnittrichtung verlangen, im Block orientiert sein und mit Richtzeichen versehen werden, welche ein genaues Aufeinanderpassen der Bilder gestatten; meist ist es auch nötig, die einzelnen Schnitte in bestimmter Vergrößerung zu zeichnen.

In vielen Fällen ist es möglich, auch ohne Orientierung und ohne Richtzeichen ein einfacheres Modell anzufertigen, zur Not gelingt dies wohl aus jeder Serie; doch gestalten diese vorbereitenden Methoden die Rekonstruktionen viel leichter und besonders exakter.

1. Herstellen der Serie.

Was das Herstellen der Serie selbst anbetrifft, dessen Beschreibung in den älteren hierher gehörigen Arbeiten einen großen Raum einnahm, so glaube ich auf eine Darstellung der jetzt allgemein angewandten Methode verzichten zu können. Für unseren Zweck kommen nur folgende Punkte in Betracht.

Das zu rekonstruierende Objekt sollte vor dem Einbetten, ev. noch im flüssigen Paraffin[1]), möglichst genau und von verschiedenen Seiten unter der Lupe gezeichnet werden.

---

1) BROMANN hat einen Apparat angegeben, der das Zeichnen des Embryo in flüssigem Paraffin auf dem Embryographen gestattet.

Digitized by Google

Es ist vorteilhaft, Stückfärbung und Paraffineinbettung vorzunehmen, wie dies bei Embryonen wohl allgemein als einfachstes Verfahren geübt wird. Schnittfärbung und besonders Celloidineinbettung erschweren die Rekonstruktion etwas, ohne sie jedoch unmöglich zu machen.

Beim Schneiden mache man es sich zur Regel, bei Querschnitten vom Kopfe, bei Frontalschnitten vom Rücken und bei Sagittalschnitten von der rechten Seite anzufangen, um von vornherein zu wissen, wie die Schnitte liegen; es ist dies von Wichtigkeit besonders für den Aufbau der Plattenmodelle (Bardeen), s. S. 116 sq.

Ferner vermeide man, wie beim Schneiden jeder Serie, das Messer während des Schneidens zu verstellen. Stellt sich dies als nötig heraus, so schraube man stets den Objekttisch etwas herab, um nicht einen zu dicken Schnitt durch das ev. etwas gesenkte Messer zu erhalten, und verstelle lieber statt des Messers den Messerhalter. Der Halter des Beckerschen Mikrotoms gestattet dies; für Schanzesche Mikrotome hat Roethig einen eigenen Messerhalter zu diesem Zweck konstruiert (Messerhalter nach Jung-Roethig).

Durchaus notwendig ist absolute Vollständigkeit der Serie; ist ein Schnitt einmal ausgefallen, so merke man dies auf dem Objektträger an. Auch müssen die Schnitte gut und gleichmäßig ausgebreitet sein; jeder Riß, jede Falte tritt selbstverständlich bei der vergrößerten Zeichnung ebenso vergrößert hervor; es dürfen also nur tadellose Schnittserien zur Rekonstruktion verwendet werden; mit lückenhaften oder sonst fehlerhaften verliere man keine Zeit!

Das Bestreichen der auf den Objektträger aufgeklebten Schnitte mit Strassers Rizinusöl-Kollodiummasse unterlasse ich jetzt.

Digitized by Google

Endlich muß die Schnittdicke bekannt sein. Sie kann beliebig sein; doch wird man sich wohl stets an die gebräuchlichen Maße 5, 10, 12, 15, 20 usw. μ halten können. Natürlich brauchen nicht alle Schnitte die gleiche Dicke zu besitzen; dünnere Schnitte, welche histologische Details zeigen sollen, können gut zwischen dickere eingeschoben werden. Doch muß das angemerkt und bei der Rekonstruktion berücksichtigt werden.

Pohlman empfiehlt, Serien zur Rekonstruktion in harten Balsam einzudecken, der schnell trocknet und die Hitze des Projektionsapparates besser auszuhalten scheint; er erhitzt Balsam auf dem Sandbade, bis dieser, in Wasser getropft, spröde ist, (until it is brittle on dropping in water), und verdünnt ihn mit Xylol.

Bevor die eigentlichen Rekonstruktionsverfahren beschrieben werden, soll also die Orientierung des Objekts, das Anbringen von Richtzeichen und das Zeichnen der Schnitte behandelt werden.

2. Orientieren.

Einige der Rekonstruktionsmethoden verlangen eine ganz bestimmte Schnittrichtung: das Objekt muß also zur Schnittebene in bestimmter Weise orientiert sein. Für die Plattenmodelliermethode ist die Schnittrichtung zwar gleichgültig, doch wird man z. B. Embryonen, die auch zu anderen Zwecken benutzt werden sollen, stets in einer der drei Hauptachsen schneiden. Man wird also auch hier für eine Orientierung des Objekts Sorge tragen.

Die Verfahren, welche für diesen Zweck ersonnen sind, sind sehr zahlreich und verschiedenartig; doch brauche ich

Digitized by Google

hier allein diejenigen eingehender zu berücksichtigen, welche eine nachherige Rekonstruktion gestatten.

Das Orientieren kann vor, während und nach dem Einbetten vorgenommen werden.

Der einfachste und empfehlenswerteste Weg ist das Orientieren während des Einbettens; jedenfalls ist die Orientierung exakter, wenn das Objekt sich bereits im Block in der gewünschten Lage befindet, als wenn man erst nach dem Aufschmelzen des Blockes auf dem Objekttisch die Schnittrichtung festzustellen sucht. Dies letztere wird bei den in undurchsichtigem Paraffin eingeschmolzenen Präparaten nur schwierig mit wünschenswerter Genauigkeit auszuführen sein, während es allerdings bei Celloidinblöcken mit Leichtigkeit gelingt. Ein Block, der bereits eine Definierebene trägt, darf aber nach dem Feststellen auf dem Objekttisch nicht beliebig gedreht werden, ohne daß die Definierebene ihre festbestimmte Lage wechselt.

Erwähnen möchte ich folgende Verfahren:

A. Orientierung während des Einbettens.

1. Sehr exakt läßt sich dem Objekt eine bestimmte Lage geben in der Glaskammer, welche aus BORN-PETERS Richtplatte mit Winkeln gebildet wird; das Verfahren besitzt den Vorzug, daß man beim Anfertigen des Blockes genau orientieren kann und zugleich eine sehr scharfe Richtebene erhält; zwei Operationen, welche sonst getrennt vorgenommen werden müssen, werden also auf eine reduziert. Die Beschreibung kann erst bei der Besprechung der Methoden zum Anlegen der Definierebenen erfolgen (s. S. 29).

2. In ähnlicher Weise kann man das Präparat in der Kammer orientieren, welche durch die zum Einbetten ge-

Digitized by Google

wöhnlich gebrauchten Neapler Metallrähmchen, die auf eine Metallgrundplatte aufgesetzt werden, hergestellt wird. Als Nachteil ist die Dunkelheit der Kammer und die damit erschwerte feine Orientierung hervorzuheben. Genauer gelingt die Prozedur schon, wenn man statt der metallenen eine Glasgrundplatte nimmt, in welche man in Anlehnung an die »Richtplatte« Rinnen eingegraben hat. POHLMAN erreicht dies auf andere Weise: er zieht auf dem Grund eines Kästchens Linien mit weichem Bleistift, die am Paraffin haften bleiben. Die Metall- oder Glasteile müssen vor dem Gebrauch mit Alkoholglyzerin $\overline{aa}$ eingerieben werden und heiß sein, so daß das eingegossene Paraffin nicht sofort erstarrt, sondern ein Zurechtlegen des Objekts gestattet. Sollte das Orientieren längere Zeit in Anspruch nehmen, so lasse man sich eine Metall- oder besser Glaskammer mit doppelten Wänden anfertigen; durch den Zwischenraum wird während des Orientierens heißes, später kaltes Wasser geleitet. Einen solchen Apparat beschreibt z. B. ROETHIG S. 34; ich selbst habe die Notwendigkeit desselben bei embryologischen Arbeiten nicht gefühlt.

B. Orientieren vor dem Einbetten.

Eine ganze Anzahl von Vorschlägen geht dahin, das Objekt in einem Vorharz auf einer Unterlage in der gewünschten Stellung festzukleben und erst dann in Paraffin einzubetten. Am einfachsten ist die von PATTEN erfundene, von WOODWORTH und besonders HOFFMANN modifizierte Methode, die im folgenden dargestellt werden soll. Sie ist besonders für die Fälle zu empfehlen, bei welchen die im Paraffin liegenden Objekte so durchsichtig geworden sind, daß die Marken zu einer genauen Orientierung (Furchungs-

Digitized by Google

linien z. B.) verwischt worden sind; auch gelingt es auf diese Weise, kleine, schwer zu richtende Objekte (runde Eier) mit großer Exaktheit zu orientieren.

Die Objekte werden mit Nelkenöl durchtränkt und in sirupdickes Nelkenölkollodium gebracht. Letzteres stellt HOFFMANN in der Weise her, daß er die beiden Substanzen zu gleichen Teilen mischt und in weithalsiger Flasche den Äther 24 Stunden lang an zugigem Ort verdunsten läßt. In einem Tropfen dieser Flüssigkeit werden die kleinen Objekte auf geripptes Papier, Linnen oder besser Glasplatten mit parallelen Ritzen übertragen (die vorher erwähnte BORN-PETERsche Richtplatte ist gut zu verwenden) und in die richtige Lage gebracht. Das Orientieren in Luft ist nach HOFFMANN wegen der Reflexe des Lichts wenig zweckmäßig; besser nimmt man die Prozedur unter 90 % Alkohol vor, der die plastische Gestalt des Objekts scharf hervortreten läßt und die Kollodiummasse nicht trübt. Dann wird die Unterlage mit den Objekten in Xylol übertragen (die Richtplatte darf nicht in Xylol gestellt werden, da sich in demselben die schwarzen Linien der Unterseite auflösen), in welchem die Einbettungsmasse erst undurchsichtig wird, sich später aber wieder aufhellt. Es folgt Einbettung in Paraffin. Vom erstarrten Block löst man das Papier (was oft nicht leicht gelingt), Linnen oder das Glas ab und schneidet parallel oder senkrecht zu dieser glatten Fläche.

DREWS gibt eine Reihe bessernder Ratschläge für die Anwendung dieser Methode. Er legt Wert darauf, daß die Objekte mit möglichst wenig Nelkenöl in die Kollodiummischung gebracht werden; braucht man zuviel Öl, so muß man auch zuviel von letzterer Mischung nehmen und die Objekte bleiben leicht am Linnen beim Abziehen derselben vom Paraffinblock haften —, oder werden vom Kollodium überhaupt nicht benetzt und steigen im Xylol auf. DREWS nimmt ein

Digitized by Google

kleines Stückchen Linnen (tracing linen). Dieses knickt er winkelig ein, so daß eine Hälfte auf einem Objektträger aufliegt, die andere eine schräge Fläche bildet, und durchtränkt es mit Nelkenöl. An den freien Rand des schrägen Läppchens werden die Embryonen mittels einer Pipette aus dem Nelkenöl gebracht und orientiert. Das überflüssige Öl läuft auf der geneigten Fläche ab. Die geringe Menge, welche an den Objekten haften bleibt, erleichtert das Übertragen derselben auf einen mit Kollodiumnelkenöl bestrichenen Linnenstreifen, in den Linien eingeritzt oder mit Bleistift eingezeichnet sind. Zum Übertragen bedient man sich einer Staarnadel, deren Spitze stets vom Exzeß von Öl befreit sein muß. Dann bleiben die Embryonen in richtiger Lage an der Nadelspitze haften und werden so schon orientiert in die Kollodiummischung überführt, in welcher sie noch mit Hilfe von Lupe oder Mikroskop nach den gezeichneten oder geritzten Linien genau gerichtet werden können. Die zum Bestreichen des Linnens nötige Menge von Kollodiumnelkenöl darf nicht zu groß sein. Weiterbehandlung (Eintauchen in Xylol, Einbetten in Paraffin) wie oben.

C. Orientieren nach der Einbettung.

Trägt der Block bereits eine Definierebene, so ist ein Verstellen des Objekttisches während des Schneidens zu vermeiden. Andernfalls kann man natürlich noch den Block orientieren, was aber, wie erwähnt, nur bei Celloidinobjekten exakt genug auszuführen ist.

Ich kann übrigens nicht finden, wie Pohlman, daß ein nach der gewöhnlichen Alkoholmethode hergestellter Celloidinblock zu undurchsichtig sei, um ein genaues Orientieren zu gestatten, zumal wenn man ihn in Glyzerinalkohol aufhellt. Pohlman empfiehlt, um einen völlig durchsichtigen Block zu erhalten, Gage-Fishs Rizinusölmethode; doch scheinen mir die von dem Autor selbst eingeräumten Nachteile (größere Blöcke schrumpfen beträchtlich und lassen sich nicht unter 30 μ dick schneiden) die Vorteile nicht aufzuwiegen.

Ist die Schnittrichtung einer Serie nicht bekannt, so kann man dieselbe mit His noch nachträglich bestimmen (s. Born 1883, S. 588). Besonders markante Punkte

Digitized by Google

des Oberflächenbildes werden in der Serie aufgesucht, und nach der Zahl der Schnitte, die zwischen zwei solche Punkte fallen, unter Berücksichtigung der bekannten Schnittdicke die Lage der Schnittebene angegeben.

3. Die Richtzeichen.

A. Wesen und Nutzen der Richtzeichen.

Um den Nutzen bzw. die Notwendigkeit der Richtzeichen (Richtlinien, Richtebenen, Definierlinien bzw. -ebenen) zu verstehen, habe man im Auge, daß die Rekonstruktionsverfahren das Objekt oder einen Teil desselben in vergrößertem Maßstabe aus den Schnitten der Serie aufbauen wollen. Die Methoden beruhen darauf, daß man die entsprechend vergrößerten Schnittbilder (ganze Schnitte oder Teile derselben, Linien oder Punkte), unter Berücksichtigung des richtigen Abstandes der Zeichnungen (Vergrößerung mal Schnittdicke) und der richtigen Lage, welche die Teile im Objekt selbst einnahmen, auf- bzw. nebeneinander setzt. Das letztere nun, das exakte Aufeinanderpassen der Schnittbilder, ist meist nicht ohne Hilfsmittel zu erreichen, und diesem Zweck dienen die Richtzeichen. Es sind zwar viele gute Modellserien ohne Richtebenen hergestellt worden, und gerade verlaufende Gebilde, wie z. B. die Chorda, oder andere Merkmale schützen oft vor groben Verschiebungen beim Aufeinanderlegen der Zeichnungen, aber meist genügen diese Marken nicht; jedenfalls unterziehe man sich, wenn man die große Arbeit des Rekonstruierens vornehmen will, der kleinen Mühe des Anbringens von Richtzeichen.

Richtzeichen sind an dem das Objekt einschließenden Block angebrachte oder im Objekt selbst be-

Digitized by Google

findliche Marken in Gestalt von Linien, Flächen oder Platten, welche senkrecht zur Schnittrichtung stehen. In jedem Schnitt einer derartig behandelten Serie erscheint in oder neben dem Schnitt des Objekts auch ein Schnitt der Richtzeichen als Linie oder Punkt (s. Fig. 2). Diese Teile werden mit gezeichnet und beim Zusammenfügen der Bilder wieder senkrecht übereinander gefügt: dann resultiert wieder die — bei Aufsichtszeichnungen zur Linie oder zum Punkt verkürzte — Richtfläche oder -linie; die einzelnen Schnittbilder sind richtig im Raume orientiert, wie die Schnitte im unzerlegten Objekt gelegen hatten.

Ein Beispiel mag diesen Nutzen erläutern. Es handelt sich darum, ein gebogenes Organ, wie es Fig. 1a schematisch darstellt, dessen Gestalt am unzerschnittenen Objekt nicht erkannt werden kann, aus der Serie wieder aufzubauen. Ist die Serie nicht mit Richtzeichen versehen, so wird man leicht dazu geführt werden, die einzelnen Schnittbilder gerade übereinander zu schichten, wie es Fig. 1b andeutet, da man in der Serie die Biegung nicht gewahr wird, zumal wenn ein nebenliegendes Organ in gleicher Weise gekrümmt ist. Dadurch kommt aber ein ganz anderes Gebilde heraus, als das Organ eigentlich darstellt. Eine Richtebene dagegen, welche, senkrecht zur Schnittrichtung gelegen, genau die Senkrechte bei der Rekonstruktion anzeigt — in Fig. 1a ist sie durch den vertikalen Strich angedeutet — schützt vor solchem Fehler: sie gibt exakt den Abstand der einzelnen Schnittbilder von der Senkrechten an, der z. B. bei Schnitt x doppelt so groß ist als bei y. Man wird daher das Schnittbild x doppelt so weit von der Senkrechten entfernt halten als y und nicht den gleichen Abstand nehmen, wie es in Fig. 1b geschehen ist. Kurz, man wird bei Benutzung von Richt-

Digitized by Google

zeichen die Zeichnungen so aufeinander legen, wie die Schnitte selbst im Objekt lagen. Es ist leicht ersichtlich, daß besonders kleine Verschiebungen oder Drehungen, welche sich beim Aufeinanderpassen zweier Zeichnungen nicht vermeiden lassen und sich mit dem Auflegen weiterer Schnittbilder

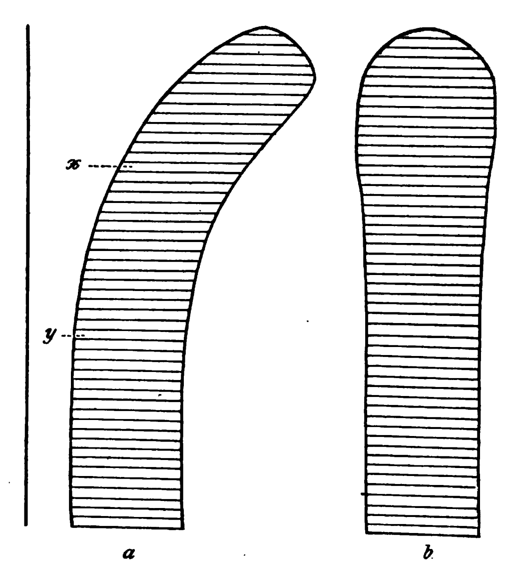


Fig. 1. Schemata zur Erläuterung des Nutzens der Richtzeichen. Erklärung s. Text.

summieren, bei Verwendung einer Richtebene sehr leicht erkannt und korrigiert werden können.

Theoretisch genügen zwei Punkte oder eine Linie und ein Punkt, um einen Schnitt zu einem anderen ihm parallelen zu orientieren, sei es, daß es sich um die Herstellung eines körperlichen Modells oder einer Zeichnung handelt; praktisch

Digitized by Google

wird man zur Vermeidung von Fehlern eine größere Anzahl von Richtpunkten am Schnitt anbringen und mehrere Linien oder eine Linie mit mehreren bestimmt gelagerten Punkten zur Definition verwenden.

B. Die Formen der Richtzeichen.

Als Richtzeichen können erstens Teile des Objekts selbst, und zweitens an dem Objekt oder neben demselben angebrachte Marken verwendet werden.

1. Vom Objekt selbst kann in manchen Fällen das Profil als Richtzeichen dienen. Eine der Vergrößerung der Schnittbilder entsprechend vergrößerte Profilzeichnung gibt bei Ausführung der Rekonstruktion die Lage der einzelnen Zeichnungen zueinander an. In Anwendung kommt dieses Verfahren nur bei HIS' projektiver Konstruktion (s. S. 77) und bei SCHAPERS Methode (s. S. 124), bei deren Beschreibung Näheres angegeben ist.

2. Die Einfügung von Orientierungszeichen in den Block ist die gebräuchlichste Methode. Anfangs wurden viele verschiedene Verfahren empfohlen, über welche STRASSER (1887) ausführlich handelt, doch haben die meisten dieser Vorschläge den neueren einfacheren und unbeschränkter anwendbaren Methoden weichen müssen.

STRASSER versuchte erst farbige Fäden senkrecht zur Schnittfläche in den Paraffinblock einzugießen, oder nachträglich angebrachte senkrechte Stichkanäle mit Farbe zu füllen. Derselbe Gedanke liegt den unten beschriebenen Verfahren WILSONS (s. S. 40) und EYCLESHYMERS (s. S. 57) zugrunde. Doch gab STRASSER diese Versuche bald auf, ebenso seine Methode, das Objekt in einer Hülse von Millimeterpapier einzubetten und das Papier mit zu schneiden. Besser bewährte sich BORNS erstes Verfahren: er brachte ein mit Bismarckbraun ge-

Digitized by Google

färbtes und mit Paraffin durchtränktes Plättchen Calberlascher Eiweißmasse mittels seines Orthostaten (s. S. 49) am Paraffinblock senkrecht

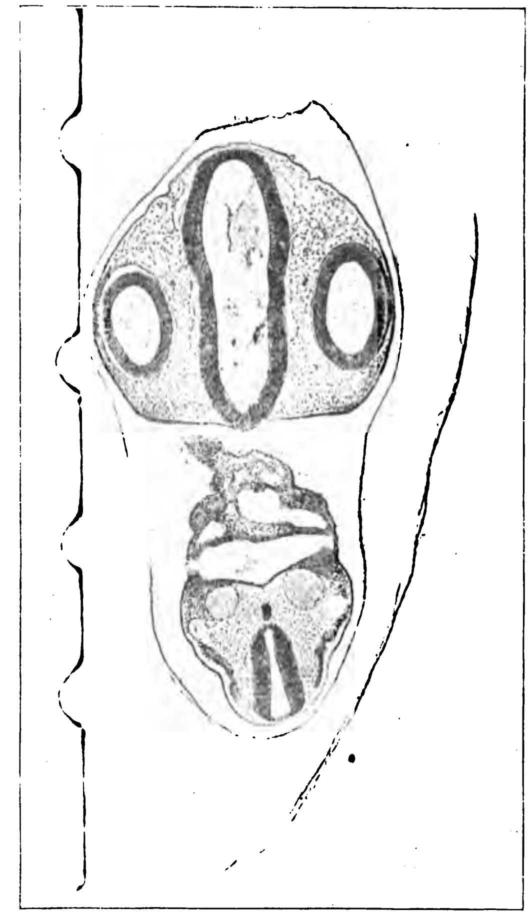


Fig. 2. Schnitt durch einen Eidechsenembryo mit Richtlinie. Photographie von Sobotta.

Digitized by Google

zur Schnittrichtung an. Die Seitenränder des Eiweißscheibchens wurden parallel zugeschnitten. Das rechteckige Plättchen stellt ein sehr exaktes Richtzeichen dar, wie ich selbst bei einer Rekonstruktion aus einer in dieser Weise vorbehandelten Serie erfahren habe. Auch diese Methode ist in veränderter Form vielfach in Vorschlag gebracht worden. ALEXANDER, SUSCHKIN (zitiert nach LEE-MAYER 2. Aufl.) und POHLMAN pressen dicke Leber- oder Gehirnschnitte der Richtfläche des Paraffin- oder Celloidinwürfels an. ALEXANDER bettet auch solche Schnittstreifen gleich in richtiger Lage mit dem Objekt ein. Endlich gehört hierher die Methode von POHLMAN für GAGE-FISH-Celloidinblöcke (s. S. 57).

Weit einfacher und sicherer führten aber die Methoden zum Ziel, welche am Block, in den das Objekt eingeschmolzen war, mehrere zur Schnittrichtung senkrecht stehende Ebenen, oder nur eine solche Ebene, welche miteinander parallelen und zur Schnittrichtung ebenfalls senkrechten Leisten oder Furchen versehen ist, herstellten. Im Schnitt erhält man von diesen Richtzeichen mehrere sich schneidende Gerade, oder im anderen Falle eine Linie mit Zacken (s. Fig. 2). Wichtig ist, daß diese Richtzeichen möglichst nahe am Objekt liegen, um auch bei Benutzung starker Vergrößerungen in das Gesichtsfeld zu fallen. Solche Richtpunkte, nach denen man die Zeichnungen orientieren kann, sind die Scheitel der Winkel, in welchen sich die Geraden schneiden, oder die Ecken der Zacken auf der Richtlinie. Die Scheitelpunkte der Winkel liegen naturgemäß vom Objekt am weitesten entfernt, die Zacken der Definierlinie finden sich dagegen auch nahe am Schnitt; prinzipiell wird man also der Richtlinie mit Zacken den Vorzug geben.

Nur selten wird man diese Marken am Objekt selbst anbringen; dann genügen dessen Konturen zu ihrer Sichtbarmachung; meist liegen sie vom Objekt entfernt in der Ein-

Digitized by Google

bettungsmasse, und dann bedarf es eines Anstrichs, um sie auch im aufgehellten Schnitt erkennen zu können.

Der Gedanke, auf diese Weise Richtebenen herzustellen, geht auf STRASSER, KASCHTSCHENKO und BORN zurück. Eine große Anzahl von Einzelvorschlägen sind gemacht worden, viele Apparate konstruiert worden, die alle in mehr oder weniger einfacher Weise ihre Aufgabe lösen. Auch hier war es STRASSER, der eine Reihe von Verfahren empfahl, deren Prinzip den jetzt gebräuchlichen zugrunde liegt.

Auf diese Methoden beschränkt sich die folgende Darstellung; nur anhangsweise führe ich zwei für Celloidinblöcke empfohlene Verfahren an, welche sich an STRASSERS erste Vorschläge anlehnen.

Bei den heute gebräuchlichen Methoden wird also zum Zweck des Definierens um den Block herum eine Reihe von zur Schnittrichtung senkrechten Ebenen geschnitten, oder man begnügt sich mit einer Ebene mit Richtlinien. Diese letztere Fläche wird entweder geschnitten und mit parallelen Ritzen versehen (diesem Zweck dienen die Beschneider und Ritzer), oder gleich beim Gießen des Blocks mit leistenartig heraussstehenden Richtlinien hergestellt (Verfahren von BORN-PETER).

Ich beschreibe erst die letzterwähnte einfachste und für fast alle Fälle brauchbare Methode, sodann die übrigen zur Herstellung von Richtebenen dienenden Instrumente mit ihrer Anwendung. Den Schluß bilden EYCLESHYMERS und POHLMANS Verfahren für Celloidineinbettung.

Digitized by Google

A. Verfahren von Born und Peter zur Herstellung von Richtlinien.

Diese Methode kann fast in allen Fällen zur Anwendung kommen, gestattet eine außerordentlich feine Orientierung des Objektes während des Einbettens und liefert zugleich exakte Definierlinien; zwei Manipulationen, welche sonst getrennt ausgeführt werden müssen, können also gleichzeitig vorgenommen werden.

Ich habe diese Methode dauernd geübt und gleichzeitig zu vereinfachen gesucht; es unterscheidet sich daher die hier gegebene Vorschrift von den früher veröffentlichten in einigen Punkten; bei einem genauen Innehalten derselben kann ich jetzt für den Erfolg bürgen.

Als Hauptvorteile des Verfahrens sind hervorzuheben, daß es in gleicher Weise für Paraffin- wie Celloidineinbettung anwendbar ist und weiterhin, daß die für die früheren Methoden nötigen Instrumente, wie Klapptisch, Ritzer, Orthostat, wegfallen. Der Apparat besteht nur aus einer bestimmt adjustierten mit Ritzen versehenen Grundplatte und zwei Neapler Rähmchen (s. Fig. 3, 4, 5). Diese bilden die mit flüssigem Paraffin oder Celloidin zu füllende Kammer, in welcher das Objekt genau orientiert werden kann. Der erhaltene parallelopipedische Block (Würfel) besitzt gleich nach dem Ablösen eine mit Richtleisten versehene Richtebene, welche senkrecht zu vier Seiten des Blockes steht (s. Fig. 6). Die ganze Technik ist also durchaus die allgemein gebräuchliche des Blockgießens.

Anfangs benutzten wir Metall- und Glasinstrumente. Bei Verwendung von Metall geht die Prozedur infolge des größeren Wärmeleitungsvermögens schneller vor sich, auch stehen

Digitized by Google

diese Platten nicht so hoch im Preis; doch ist es schwer, in der dunklen Kammer exakt genug zu orientieren und oft nicht leicht, den Block von der Grundplatte loszulösen; daher empfehlen wir seit längerem nur Instrumente aus Glas, wie sie die Firma ZEISS in Jena in mustergültiger Weise herstellt. Entsprechend der exakten Ausführung kosten »BORN-PETERS Richtplatten mit Winkeln« 40 Mark (die Grundplatte 30, die Winkel je 5 Mark)[1]).

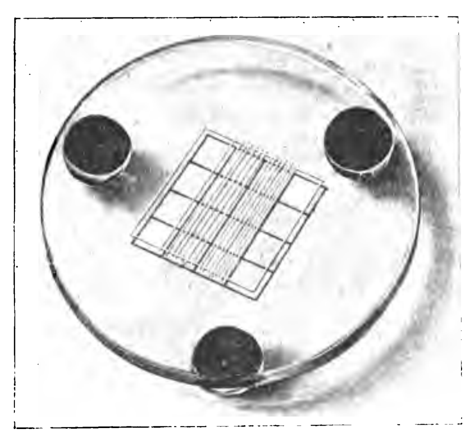


Fig. 3. Richtplatte von BORN-PETER. $^5/_6$ natürliche Größe.

1. Die Richtplatte (Fig. 3) besteht in der jetzigen Form aus einer runden Glasplatte von 6 cm Durchmesser und 2 mm Dicke; sie steht auf 3 unten gerauhten Füßchen. In der Mitte ihrer Oberfläche ist ein Quadrat von 2 cm Seitenfläche eingraviert; ein mittleres Feld dieses Quadrates, das von einer Seite zur anderen reicht und 1 cm breit ist, ist mit eingeritzten Linien versehen, die streng untereinander und zu 2 Seiten des Quadrates parallel, zu

1) Leider sind eine Zeitlang ohne unser Wissen die Ritzen der Grundplatte so tief und scharf einschneidend ausgeführt worden, daß das Ablösen des Blockes mit Schwierigkeiten verknüpft war. Die jetzt gelieferten Platten sind wieder völlig mustergültig.

Digitized by Google

dessen anderen Seiten also rechtwinkelig verlaufen. Die Zahl der Furchen ist 16, ihre wechselnden Abstände schwanken von $^1/_2$ bis $^3/_4$ mm. Ihre Tiefe beträgt ungefähr $^1/_{10}$ mm; sie soll in der ganzen Länge der Ritze gleichmäßig sein. Jede Ritze soll vom einen Ende bis zum anderen gleichmäßig breit sein und ganz scharfe geradlinige Ränder besitzen; Tiefe und Breite der verschiedenen Furchen braucht aber

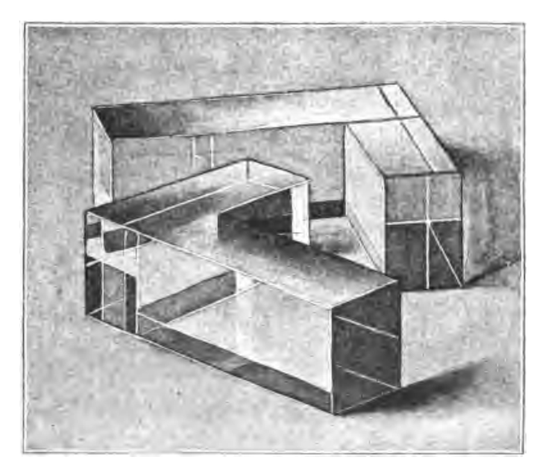


Fig. 4. Glasrähmchen zur Born-Peterschen Richtplatte. Natürliche Größe.

nicht gleich zu sein. Die Unterseite der Platte enthält ein breit eingeritztes Quadrat von tief schwarzen Linien, das genau dem auf der Oberseite befindlichen entspricht; dasselbe wird von einem doppelten Kreuz ebensolcher dunkler Linien durchzogen.

2) Die Einbettungsrahmen (Fig. 4), ebenfalls aus Glas, besitzen durchaus exakte rechte Winkel und gerade Kanten.

Digitized by Google

Ihr kurzer Arm ist innen 2 cm, außen 3 cm, der lange 3 bzw. 4 cm lang, ihre Höhe beträgt 1,5 cm.

Die Maße können natürlich beliebig variiert werden, um auch die Einbettung von größeren Objekten zu ermöglichen.

Die Anwendung des Apparates ist eine etwas verschiedene für Paraffin- und für Celloidineinbettung.

I. Gebrauch bei Paraffineinbettung.

Grundplatte und Winkel werden vor dem Gebrauche sorgfältig mit Alkohol absolutus und dann mit Chloroform gereinigt. Das Nachfahren der Ritzen mit einer Nadel, welches wir früher angewandt hatten, unterlasse ich jetzt, da es der Glasplatte gefährlich sein kann: die Nadel kann zu leicht an den scharfen Rändern der Furchen Glasstückchen ausbrechen, welche die Exaktheit der Richtfläche gefährden; auch läßt sich die Platte, wenn die Ritzen die richtige Tiefe haben, stets vollständig mit Chloroform vom etwa anhängenden Paraffin befreien. Dagegen empfehle ich wieder dringend das Einreiben mit einer Mischung von absolutem Alkohol und konzentriertem Glyzerin zu gleichen Teilen, welche das Loslösen des Paraffinblocks erleichtert. Bei Anwendung von gewöhnlichem Leitungswasser zum Festwerden des Paraffins ist dies sogar notwendig. Ein ganz kleiner Tropfen wird mit der Fingerkuppe auf der Platte vollständig verrieben, so daß nur eine ganz dünne Schicht auf dem Glas haftet, etwaiger Überschuß wird sorgfältig abgetrocknet.

Darauf erwärmt man den Apparat auf die Temperatur des flüssigen Paraffins, auf etwa 50°. Ist die Platte zu kalt, so dringt das Paraffin nicht in die Ritzen ein; ist sie zu heiß, so fließt das eingegossene Paraffin leicht aus der Kammer

Digitized by Google

heraus. Ich stelle Platte und Winkel in der Glasschale, in welcher die Einbettung vorgenommen werden soll, auf 20 Minuten in den Wärmeschrank.

Während dieser Zeit erwärmt man das harte Paraffin, in welches das Objekt eingeschlossen werden soll — das Objekt natürlich nicht mit —, auf 68—70°; kälteres Paraffin füllt die Ritzen nicht aus und liefert eine schlechte Definierebene; heißeres läßt dagegen den Block oft an der Grundplatte haften, erschwert also sein Loslösen; daher halte man sich an die angegebene, durch viele Versuche erprobte Temperatur.

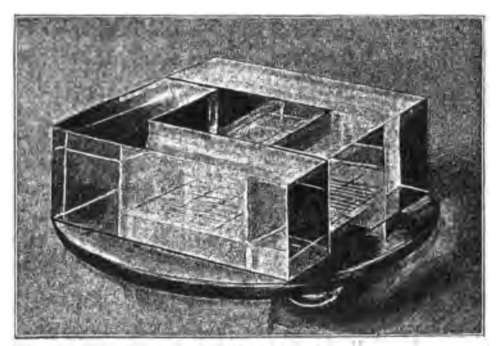


Fig. 5. Einbettungskammer, zusammengesetzt aus BORN-PETERS Richtplatte mit Winkeln. 5/6 natürliche Größe.

Hat die Glaskammer den richtigen Wärmegrad erlangt, so stellt man sie in ihrer Schale auf einen Tisch oder ein Lupenstativ und paßt die Rahmen so auf die Platte, daß ihre Innenränder genau mit dem mittleren Quadrat von 2 cm Seite zusammenfallen und gut aneinander schließen. So wird eine Kammer gebildet, deren Kanten und Winkel rechte sind (Fig. 5). Die Grundplatte ist dabei so gestellt, daß eine der beiden Seiten des Quadrates, auf denen die Ritzen senkrecht stehen, dem Beschauer zugewandt ist.

Darauf wird das überhitzte Paraffin von 68—70° ev. mittels Trichters in die Kammer eingegossen und das Objekt mit einem angewärmten Sieblöffel in dieselbe übertragen.

Digitized by Google

Sodann wird das Objekt orientiert. Die Ritzen der Grundplatte werden zwar nach der Einfüllung des flüssigen Paraffins fast unsichtbar, doch ist es leicht, dem Präparat nach den schwarzen Linien auf der Unterseite der Platte die gewünschte Lage zu geben. Zu beachten ist, daß die Ritzen der Platte, welche später die Leisten des Blockes liefern, senkrecht zur Schnittebene laufen; die zu ihnen senkrecht stehenden schwarzen Linien der Unterseite geben die Schnittrichtung an.

Hat man die Glaskammer unter die Lupe oder das Mikroskop gestellt, so kann man das Objekt sehr genau orientieren; die Kammer bleibt genügend warm, um das Paraffin eine Zeitlang flüssig zu erhalten; ev. kann man das Erwärmen der Platte jetzt noch fortsetzen. Ohne Schwierigkeit lassen sich 2—3 Objekte in einen Block einschmelzen. Hält ein Präparat nicht von selbst die gewünschte Lage inne, so fixiere man es in derselben mit erwärmter Sonde, bis es durch das von unten her erstarrende Paraffin befestigt worden ist. Soll z. B. ein Embryo auf der Kante stehen (für Sagittalschnitte), so lehne man ihn an einen der Ränder, auf welchen die Ritzen senkrecht stehen; der betreffende Winkel muß natürlich, damit das Objekt in den Bereich der Ritzen zu liegen kommt, etwas in die Kammer hineingeschoben werden.

Nach vollendeter Orientierung wird kaltes Wasser in die Schale gegossen, bis dasselbe den oberen Rand der Winkel erreicht; dasselbe muß während des Erstarrens des Blockes, da es sich an der heißen Glasschale bald erwärmt, kalt gehalten werden. Man kann dazu eine beliebige Zu- und Abflußvorrichtung verwenden; es genügt aber, wenn man den Einbettungsapparat nach Beginn des Festwerdens des Paraffins vorsichtig der ersten Schale entnimmt und in eine zweite,

Digitized by Google

möglichst große, überträgt, welche in gleicher Weise mit kaltem Wasser gefüllt wird.

Früher benutzten wir Eiswasser mit Eisstückchen, um den Prozeß des Festwerdens zu beschleunigen. In der Tat geht er auf diese Weise etwas schneller vor sich, doch betrug die Zeitersparnis nicht so viel, daß sich die Anwendung des nicht immer schnell zu besorgenden Eises gelohnt hätte. Einen Vorteil hatte das Eiswasser, daß sich das Paraffin sehr gut von der Orientierungsplatte ablöste, und ein Einreiben derselben mit Glyzerinalkohol unnötig war. Dagegen war als Nachteil zu bemerken, daß der noch nicht ganz feste Block in dem kalten Eiswasser infolge der bedeutenden Temperaturdifferenzen leicht Sprünge bekam, die stets durch das eingeschlossene Präparat hindurchgingen. Man mußte vermeiden, den Block im Eiswasser umzukehren, ihn anzublasen, um die Definierebene zu prüfen, usf. Bei Verwendung von gewöhnlichem kalten Leitungswasser habe ich derartige Risse nicht mehr beobachtet.

Das Festwerden des Blockes muß sorgfältig überwacht werden; die Oberfläche hält man mit heißem Spatel flüssig und gießt neues Paraffin zu, wenn die Oberfläche durch das Erstarren der Einbettungsmasse konkav geworden ist. Das zugegossene Paraffin darf nicht zu heiß sein, da sich sonst viel Luftblasen im Block ansammeln. Ist nur noch ein kleiner Trichter der Einbettungsmasse flüssig, so kann man diesen fest werden lassen und Wasser über den Block gießen. Doch kürze man den Prozeß des Festwerdens nicht zu sehr ab; auf langsamer Arbeit beruht wesentlich das Gelingen der Operation. 10—15 Minuten lang soll man die Oberfläche des Paraffins flüssig erhalten. Hört man damit früher auf, so zieht das noch schrumpfende Paraffin, das nur von der Oberfläche her sich zusammenziehen soll, alle Seiten des Blockes konkav ein, auch die untere Fläche mit den Leisten, die dann natürlich als Richtebene unbrauchbar wird.

Digitized by Google

Nach vollendetem Festwerden stelle ich die Schale mit dem Einbettungsapparat unter fließendes Wasser, und nach wenigen Minuten lassen sich Winkel und Grundplatte leicht vom Paraffinblock entfernen. Sollte dies Schwierigkeiten machen, so läßt man den Block noch einige Zeit unter fließendem Wasser. Ein festes Ankleben, besonders an den Ritzen der Platte, ist bei genauem Befolgen der gegebenen Vorschriften nicht zu befürchten.

Der so erhaltene Block (s. Fig. 6) ist völlig homogen, ohne Luftblasen, und weist fünf glatte, spiegelnde Flächen auf. Auf der Grundfläche, an welcher das Objekt richtig orientiert durchschimmert (Objektfläche oder Richtfläche), stehen scharfe parallele Leisten genau senkrecht zu 2 Seitenflächen, von welchen eine als Fußfläche benutzt wird. Die Leisten entsprechen genau den Ritzen der Glasplatte und stellen eine ebenso elegante und brauchbare wie leicht gewonnene Richtebene dar.

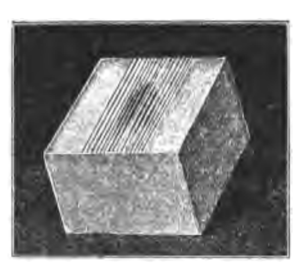


Fig. 6. Paraffinblock mit Richtleisten, nach BORN-PETERS Methode hergestellt. 5/6 natürliche Größe.

Für die praktische Ausführung dieser Methode ist es wohl zweckmäßig, das Gesagte noch einmal kurz zusammen zu fassen.

Die einzelnen Manipulationen reihen sich zeitlich in folgender Weise aneinander:

Das Objekt befindet sich, zur Einbettung bereit, in flüssigem Paraffin im Wärmeschrank. Bereit zu halten sind: Richtplatte mit Winkeln, zwei Glasschalen, eine Flasche mit kaltem Wasser, Sieblöffel und Paraffinspatel.

Digitized by Google

1. Reinigen von Grundplatte und Winkeln mittels Chloroform und Alkohol, Einreiben mit Glyzerinalkohol, Erwärmen in einer Glasschale im Wärmeschrank für 20 Minuten.

2. Währenddessen erhitzt man Paraffin auf 68—70°.

3. Nach 20 Minuten Herausnehmen der Glasschale aus dem Wärmeschrank, Aufpassen der Winkel auf die Platte und Eingießen von dem auf 68° erhitzten Paraffin in die Kammer.

4. Übertragen des Objekts aus dem flüssigen Paraffin in die Kammer und Orientierung desselben.

5. Eingießen von kaltem Wasser in die Schale bis an den oberen Rand der Glaswinkel.

6. Sobald das Objekt durch fest gewordenes Paraffin befestigt ist, Übertragen der Richtplatte in eine andere große Schale mit Wasser. Stetes Offenhalten der Oberfläche des Paraffins und Nachgießen mittels des Spatels.

7. Nach Festwerden des Blockes wird Wasser bis über die Kammer aufgefüllt und die Glasschale unter fließendes Wasser gestellt.

Weiterbehandlung des Blockes.

Es sei hier gleich die weitere Behandlung des so gewonnenen Blockes beschrieben, obgleich einige Manipulationen auch für andere Methoden in Anwendung kommen und erst später eingehend erörtert werden können.

Nachdem das der Richtfläche anhaftende Wasser verdunstet ist, wird diese Definierebene mit einem dünnen Überzug von Nubian Blacking versehen (s. S. 51). Der Block wird dann zurechtgeschnitten, indem man das überflüssige Paraffin um das eingebettete Objekt entfernt, dabei natürlich ein Stück der Richtebene stehen läßt und auch die Grund-

Digitized by Google

fläche, auf welcher der Block stehen soll, nicht verschmälert. Meist wird man an letzterer etwas überstehende Ränder entfernen müssen — das flüssige Paraffin hat die schmale Rinne, welche sich beim Aufsetzen der Winkel auf die Grundplatte zwischen diesen beiden bildet, ausgefüllt.

Darauf erhält der Block den die Richtebene schützenden sekundären Paraffinüberzug (s. S. 56) und wird auf den Objekttisch des Mikrotoms festgeschmolzen. Zu diesem Zwecke wird der Objekttisch mit einem mehrere Millimeter dicken Paraffinüberzug versehen, dieser erwärmt, um das Messer zu schonen, und sogleich mit dem definitiv festgestellten Messer eine Ebene auf ihm geschnitten[1]). Auf diese Fläche setze man den Block mit seiner Grundfläche, in welche man eine kleine Rinne eingeschnitten hat, auf: dann steht die Richtfläche mit ihren Linien senkrecht zur Schnittfläche. Die Definierebene selbst kann man parallel oder senkrecht zur Messerschneide stellen. Vorteilhafter ist es, wenn das Messer die Ebene auf einmal trifft.

Hierauf folgt das Festschmelzen des Blockes auf dem Tisch. Dies geschieht in der Weise, daß an den Ausgang der Rinne, die man in die Grundfläche geschnitten hat, ein Tropfen überhitzten Paraffins gesetzt wird, welcher die Kerbe sofort ausfüllt und die Fläche fest auf den Objekthalter kittet. Seitlich zugesetztes heißes Paraffin kann diesen Zusammenhalt noch sichern.

1) Da der Block eine beträchtliche Höhe besitzt und das Herabschrauben des Mikrotomtisches zum Schneiden des Objekts ohne Verschiebung des Tisches geschehen muß, also möglichst nur unter Benutzung der Mikrometerschraube, so schraube man diese zum Schneiden der Ebene auf dem Objekttisch ad maximum in die Höhe; dann kann man zum Einstellen des Objekts den vollen Gang der Mikrometerschraube ausnutzen.


Digitized by Google

II. Gebrauch bei Celloidineinbettung.

Für Celloidineinbettung müssen die Winkel auf der Grundplatte befestigt werden, um das Ausfließen der Einbettungsmasse zu verhindern. Nachdem man die Kammer richtig hergestellt hat (s. S. 33, Fig. 5), lasse man in die Spalten zwischen den Rähmchen einen Tropfen Schellackfixativ einfließen, das sich ausbreitet und die Flächen rasch aneinander kittet. Das Eindicken des Celloidins nehme man recht langsam vor und gieße immer von der dicksten Lösung nach, damit der Block keine Luftblasen enthalte. Beim Einsetzen des Apparates in 80prozentigen Alkohol löst sich das Fixativ, welches die Teile der Kammer zusammenhielt, auf, Winkel und Grundplatte fallen ab. Man erhält einen Celloidinwürfel mit Richtfläche und Richtleisten, der ganz dem Paraffinwürfel gleicht.

Die weitere Behandlung des Blocks ist wie bei der Paraffineinbettung angegeben: Bestreichen der Richtfläche mit Nubian Blacking — natürlich fällt der sekundäre Paraffinüberzug der Definierebene hier weg —, Aufsetzen des Blocks auf den Objekttisch. Über Schneiden und Behandlung der Schnitte ist nichts den gebräuchlichen Methoden hinzuzufügen.

Das beschriebene Verfahren und das für dasselbe nötige Instrumentarium ist trotz der langen Beschreibung so einfach, daß ich fast jeden Block mit Richtzeichen versehe; man kann dann Rekonstruktionen auch von Serien ausführen, an deren Modellieren man nicht gedacht hatte.

Die Richtlinie ist sehr scharf und exakt; sie liegt so nahe am Objekt, wie es keine andere Methode leicht ermöglicht (s. Fig. 2). Sollte es sich einmal als notwendig erweisen, dieselbe weiter vom Schnitt entfernt zu halten, so braucht

Digitized by Google

man nur das Objekt nach Beginn des Erstarrens des Paraffins in die Kammer zu bringen; die schwarzen Linien auf der Unterseite der Richtplatte gestatten noch lange — besonders bei durchfallendem Licht — ein genaues Orientieren.

Die Nachteile der Methode sind gering. Es wäre zu nennen die lange Dauer der Prozedur. Doch bedenke man, daß sie Orientieren und Herstellung der Richtebene zugleich gestattet; auch kann man gut zwei bis drei Objekte zugleich in einen Block einschmelzen.

Weiterhin ist es unmöglich, die Richtlinie ins Objekt selbst hinein zu verlegen, wie es große Organe manchmal verlangen. Das Objekt wird sich wohl immer noch so weit zerschneiden lassen, daß eine Richtebene nahe genug an die zu modellierenden Teile heranreicht. Ist die obige Forderung aber nicht zu umgehen, so wende man eine andere Methode an, am besten BORNS altes Verfahren, wenn man nicht mit SCHAPER (s. S. 124) auf eine Definierebene ganz Verzicht leisten will.

Auch wird man große Organe (Gehirne) nicht in die kleine Glaskammer einbringen können; für diese ließen sich nach demselben Prinzip Richtplatten mit größeren Maßen herstellen.

Modifikation von WILSON.

WILSON braucht unseren Einbettungsapparat mit glatter Grundplatte. Als Richtzeichen verwendet er mittels Osmium geschwärzte Nervenstränge. Nervenbündel aus der menschlichen Cauda equina von 10 bis 12 cm Länge hängt er, durch ein Gewicht straff gehalten, in 1 % Osmiumsäure auf, bringt sie ebenso in Alkohol, Xylol und durchtränkt sie mit Paraffin. Die Grundplatte ist auf der Oberseite glatt, auf der Unterseite mit parallelen geschwärzten Linien versehen. Zum Gebrauch stellt man sie auf ein Tischchen, um sie erhitzen zu können und reibt sie mit einer Spur Glyzerin ein. Dann schneidet man 2 oder 3 Nervenstränge von 2,5 cm Länge ab und orientiert sie auf der Platte nach den schwarzen Linien; durch Erhitzen der Platte

Digitized by Google

werden sie festgeschmolzen und hierbei noch genau gerichtet. Darauf werden die Winkel aufgesetzt, welche die über den Bereich des Binnenraums der Kammer herausragenden Enden der Nerven festhalten. Ein Druck von 1 Kilo und nochmaliges Erhitzen plattet die Enden der Nervenstränge ab und befestigt sie definitiv. Man kann auch die Nervenbündel kürzer schneiden und innerhalb der Kammer durch Bleiplättchen ihre Enden beschweren. Aus dem Block lösen sich die Metallstäbchen leicht heraus.

Darauf wird das Objekt in die Kammer gebracht und das Paraffin mittels Eiswassers zur Erstarrung gebracht. Als Richtzeichen besitzt der Block 2—3 senkrecht zur Schnittrichtung stehende schwarze Streifen, der Schnitt ebenso viele schwarze Flecken.

Wenn man die Nervenbündel in der beschriebenen Weise hergestellt hat, besitzt dies Verfahren die Einfachheit des eben beschriebenen; die Instrumente sind, da die Ritzen wegfallen, weit leichter herzustellen. Ob indes die Fäden auch bei starken Vergrößerungen einen genügenden Ersatz für Richtleisten abgeben, möchte ich bezweifeln. Eine größere Genauigkeit wäre vielleicht mit Eiweißstreifen nach Borns Vorschlag zu erreichen.

B. Die anderen Verfahren.

Die anderen Verfahren stellen die Richtebenen nicht sofort beim Gießen des Blockes her, sondern schneiden an dem fertigen Block, in den das Objekt eingeschmolzen ist, nachträglich Ebenen und Ritzen. Zu diesem Zwecke dienen die Beschneider, welche die Richtflächen senkrecht zur Schnittrichtung schneiden, und die Ritzer. welche in diese Ebenen parallele Furchen eingraben.

Ich empfehle das Herstellen der Richtflächen mittels des Kaschtschenkoschen Beschneiders (falls mehrere Ebenen gewünscht werden) oder des Bornschen Klapptisches (welcher nur eine Ebene liefert), und nachträgliches Ritzen mit Keibels oder Borns Ritzer.

Digitized by Google

1. Beschneider.

Die Beschneider dienen zum Herstellen der senkrecht zur Schnittebene stehenden Richtflächen. Da es auch zu anderen Zwecken (z. B. zum Bänderschneiden) notwendig ist, den Schnitten eine rechteckige Form zu geben, so werden einigen Mikrotomen solche Apparate beigegeben (MINOT-ZIMMERMANN, Ztschr. f. wiss. Mikrosk., Bd. 9; REINHOLD-GILTAY, ebenda Bd. 15; REICHERT, ebenda Bd. 14).

Die Schneideapparate zerfallen in zwei Gruppen: es sind entweder selbständige Apparate, oder sie werden am Mikrotom befestigt.

a) Im ersten Fall handelt es sich um eine Guillotine oder ein Hobelinstrument. Einen solchen Hobel hat BORN bei seinen ersten Modellen verwandt. Guillotinen sind in einfacher und komplizierter Form konstruiert worden. Bei ihnen wird das durch eine Feder in hoher Stellung festgehaltene Messer durch Fingerdruck herabgedrückt und an dem auf einer Grundplatte befindlichen Block eine zur Ebene dieser Platte rechtwinkelig stehende Fläche geschnitten. Am einfachsten, doch für diese Zwecke verwendbar ist H. VIRCHOWS Membranzerteiler; man setzt den Block mit dem in ihm orientierten Embryo auf die Glasgrundplatte des Apparates auf; um verschiedene Ebenen zu schneiden, muß der Block auf der Glasplatte umgestellt werden.

J. SCHAFFERS Instrument besteht aus einer Grundplatte, in welche der Objekttisch mit dem aufgeschmolzenen Block eingelassen wird, und einer über derselben verschiebbaren Guillotine; es gestattet am Block genau im rechten Winkel zueinander stehende Ebenen zu schneiden.

Digitized by Google

Sehr kompliziert ist die von ÉTERNOD beschriebene Guillotine, deren Vorzug in einer sehr genau regulierbaren Verschieb- und Drehbarkeit des Blocks unter dem Messer besteht.

b) Viel zweckmäßiger und einfacher sind die Apparate, welche am Mikrotom befestigt werden, bei denen das Mikrotommesser selbst die Arbeit des Schneidens übernimmt.

Beliebig viele Ebenen kann man mittels des von KASCHTSCHENKO angegebenen Apparates schneiden, der in Fig. 7 abgebildet ist. Er kann an Mikrotomen mit senkrechter Hebung oder mit Schlittenführung angebracht werden. Er besteht aus einem Zylinder *a*, der statt des Paraffintisches in den Objekttischhalter *e* des Mikrotoms eingesteckt wird. Am oberen Ende dieses Teiles befindet sich ein Ring *b*, durch welchen der Objekttisch *d* eingefügt und mittels einer Klemmschraube *c* befestigt wird. Der Block mit dem Präparat befindet sich so um 90° zu der Richtung, in welcher geschnitten wird, gedreht. Nach Schneiden von beliebig vielen Ebenen unter Drehung des Objekttisches wird der Beschneider entfernt und an seine Stelle der Objekttisch in den Halter des Mikrotoms eingefügt. KASCHTSCHENKO schneidet 5—8 Ebenen; am bequemsten sind stumpfe Winkel

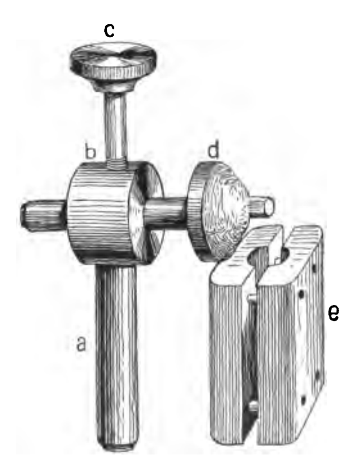


Fig. 7. Beschneider nach KASCHTSCHENKO. *a* Säule mit dem Ring *b*, durch den der Objekttisch *d* gesteckt wird, welchen die Klemmschraube *c* befestigt. *e* Klemme zum Einfügen des Tisches oder Beschneiders in das Mikrotom.

Digitized by Google

von 105—135°, deren Scheitel näher am Präparat liegen, als es bei Rechten der Fall ist.

Schwieriger wird die Prozedur, wenn das Objekt nicht richtig orientiert auf dem Objekttisch aufgeschmolzen worden ist (s. KASCHTSCHENKO 1888). In diesem Fall wird man zu einem Ausschmelzen und erneuten Einbetten des Objekts schreiten müssen.

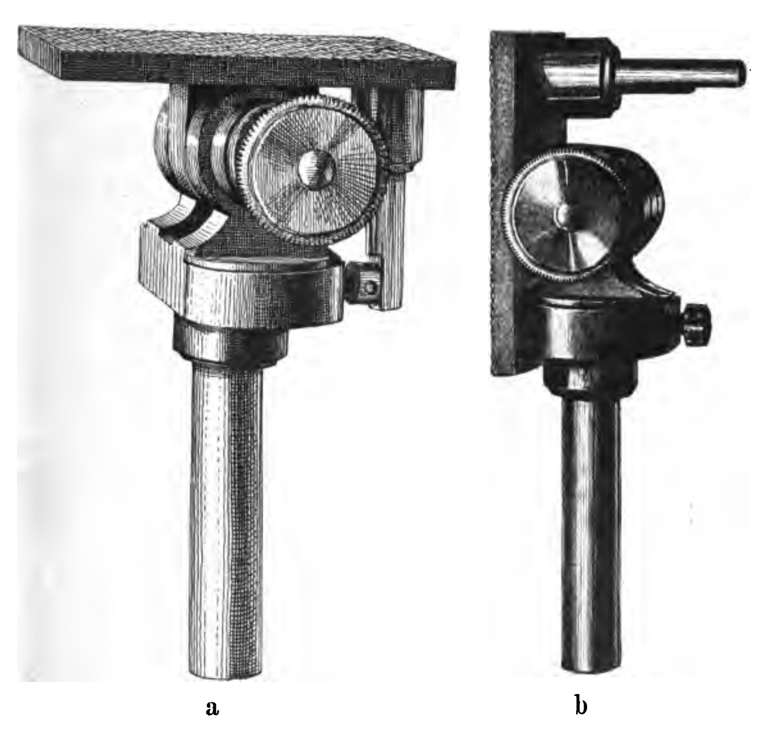
KASCHTSCHENKO hat selbst verschiedene Modelle des Beschneiders angegeben; für Mikrotome mit zylindrischem Objekthalter ist die Säule *a* und die Durchbohrung des Ringes *b* entsprechend dicker angefertigt; für das kleine SCHANZEsche Mikrotom mit geringem Abstand zwischen Objekttisch und Messerschneide ist die Säule *a* zweimal rechtwinklig abgebogen, damit das zu beschneidende Objekt nicht vor, sondern über dem in die Objektklammer einzufügenden Teil *a* der Säule steht. Die Apparate sind bei SCHANZE, Leipzig, zu haben.

Nur unwesentlich unterscheidet sich von diesem Instrument SUZUKIS Beschneider, welcher durch eine Einschnappvorrichtung gestattet, an dem Block zueinander senkrecht stehende Ebenen zu schneiden. Er ist an Mikrotomen von SCHANZE und MIEHE anzubringen.

Sehr praktisch war BORNS Idee, den Objekttisch selbst zum Beschneider zu machen, d. h. statt den Objekttisch um 90° gedreht in ein besonderes Instrument einzustecken, ihn selbst um einen rechten Winkel drehbar zu machen. BORNS »Klapptisch« ist daher viel angewandt worden und in verschiedenen Formen konstruiert worden, welche alle ihren Zweck erfüllen. Das ursprüngliche Modell ist bei Mechanikus KLEINERT, Breslau, Breitestraße, zu haben. Fig. 8a und b zeigt eine Modifikation, wie sie nach Angabe von SOBOTTA von Universitätsmecheniker SIEDENTOPF, Würzburg, gefertigt

Digitized by Google

wird. Die Tischplatte ist durch ein Teleskopgelenk beweglich. Während sie an BORNS Modell durch Stifte in den extremen Lagen festgestellt wurde, erfolgt hier die Einstellung durch



a b

Fig. 8a und b. BORNS Klapptisch a in horizontaler Stellung zum Schneiden der Serie, b um 90° gedreht zum Schneiden der Richtebene.

eine Anschlagvorrichtung, indem einmal der Tisch selbst Fig. 8b), dann ein rechtwinklig von ihm abgehender Stift (Fig. 8a) an der Weiterbewegung durch Anschlagen gehemmt wird. Die Exaktheit des Apparates ist dadurch erhöht worden.

Digitized by Google

Zum Gebrauch klappt man die Tischplatte mit dem aufgeschmolzenen Block um 90° herum (Fig. 8b), schneidet mit dem Mikrotommesser eine Ebene am Block möglichst dicht am Objekt und klappt zum Schneiden der Serie den Tisch wieder um, so daß er horizontal steht (Fig. 8a).

2. Ritzer.

Ritzer sind Metallrechen, deren spitze Zähne im Paraffin (oder Celloidin) der Richtfläche scharfe Furchen einritzen. Um Verwechslungen der Zacken der Richtlinie beim Aufbauen der Modelle zu vermeiden, sollen die Zähne ungleiche Abstände voneinander besitzen.

STRASSER konstruierte den ersten derartigen Apparat: er führte den Block auf einem Schlitten über einen Tisch, und damit über die Zähne eines Metallrechens, welche aus einem schrägen Schlitz des Tisches hervorragten. Handlicher war schon BORNS erster Ritzer, der nach Art einer Guillotine eine Metallplatte mit rechtwinkelig abstehenden Zähnchen an der Definierfläche des Blocks vorbeiführte. In ähnlicher Weise wäre ein solcher Apparat an SCHAFFERS und ÉTERNODS Beschneidern anzubringen.

Jetzt werden nur solche Ritzer verwendet, welche am Mikrotommesser befestigt werden. Ich bilde in Fig. 9 KEIBELS und in Fig. 10 BORNS zweites Modell ab, welche beide ihre Vorzüge haben.

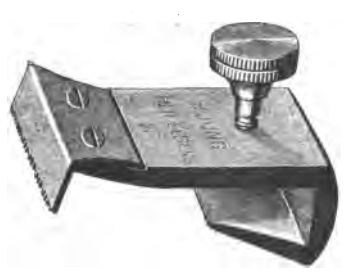


Fig. 9. Ritzer nach KEIBEL.

KEIBELS Ritzer (Fig. 9) ist einfach und stabil gebaut. Er besteht aus einem starken Messingbügel, der durch eine Schraube am Rücken des Messers befestigt wird. An

Digitized by Google

diesem ist durch zwei Schrauben eine rechtwinkelig gebogene Stahlplatte befestigt, an deren abwärts sehender freier Kante in Gruppen stehende kleine Zähne ausgefräst sind. Nach KEIBELS Angabe fertigt dieses Instrument zum Preise von 10 Mark Mechaniker ELBS, Freiburg i. Br. Es ist auch bei JUNG-Heidelberg zu haben.

BORNS Ritzer (Fig. 10) ist komplizierter gebaut, besitzt aber gegen den KEIBELschen einige Vorzüge. Die Zwinge,

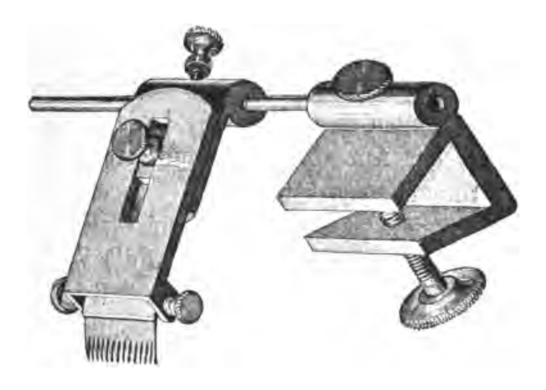


Fig. 10. Ritzer nach BORN.

welche das Instrument am Messerrücken befestigt, und der eigentliche Ritzer sind beide für sich abnehmbar auf einem Metallstab anzuschrauben; Der Ritzer ist also zurückklappbar, ohne daß man das ganze Instrument vom Messer zu entfernen nötig hätte. Der Ritzer selbst besteht aus zwei gegeneinander beweglichen Teilen, welche durch ein Schräubchen auf der Oberseite in jeder Stellung zueinander festgehalten werden können: die Zähne können also vorgeschoben oder zurückgezogen werden, und der Ritzer ist für Messer von verschiedener Breite verwendbar. Endlich sind die in ungleichen

Digitized by Google

Abständen voneinander stehenden Zähne des Rechens spitz, so daß sie scharfe Furchen in die Blöcke ritzen. Der Rechen selbst ist durch seitliche Schrauben verstellbar und kann steiler oder flacher gerichtet werden. Diesen Ritzer liefert Mechanikus KLEINERT, Breslau, Breitestraße, für 12 Mark.

Für Celloidinblöcke ist ein von ROETHIG beschriebener, von R. MAGEN hergestellter Ritzer zu empfehlen, dessen Rechen durch ein Gelenk in der Weise beweglich ist, daß er auch bei schrägstehendem Messer in den Block Ritzen eingraben kann.

Denselben Vorteil bietet ein früher von ALEXANDER beschriebenes Instrument, in dessen Ritzer Rechen von verschiedenem Abstand der Zähne ($^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ mm) einfügbar sind, doch ist der Apparat so kompliziert gebaut, daß er besser durch andere ersetzt wird.

Die Herstellung von Richtflächen mit Hilfe aller dieser Apparate ist ziemlich die gleiche; zumal die Vorbedingungen sind dieselben. Es genügt deshalb wohl, daß ich BORNS altes Verfahren, das noch jetzt in manchen Fällen Verwendung finden muß, beschreibe; die Abänderungen für die anderen Instrumente verstehen sich dann von selbst.

BORNS altes Verfahren.

Zur Herstellung der Definierebene ist es notwendig, daß das Objekt richtig orientiert auf dem Objekttisch des Mikrotoms festgeschmolzen sei. Dies geschieht am besten durch Einbetten in eine Definierkammer. Der Block wird mit der Fußfläche auf dem Mikrotomtisch, auf dessen Paraffinbelag vorher das definitiv festgestellte Messer eine Ebene geschnitten hatte, mittels Paraffin festgekittet, wie es S. 38 beschrieben wurde.

Digitized by Google

Früher brauchte BORN zu diesem Zwecke besondere »Orthostaten«: rechteckige Metallwinkel, auf deren einem Schenkel das Objekt richtig orientiert angeschmolzen wurde. BORN setzte später auf der Objektplatte dieses Orthostaten zwei Neapler Rähmchen auf und bettete das Objekt in dieser Einbettungskammer ein. Die Rähmchen wurden dann durch Erwärmen abgelöst und die andere Platte des Orthostaten auf den Mikrotomtisch gestellt, zu dem das Präparat nun richtig gelagert ist. Der Block wurde durch einen Unterguß von Paraffin auf dem Tische festgeschmolzen und der Orthostat durch Erwärmen mittels eines heißen Spatels entfernt.

Darauf wird der Tisch umgeklappt (bzw. statt des Tisches der Beschneider eingesteckt) und mit dem Mikrotommesser auf dem Block die Richtfläche unter langsamer Hebung des Objekttisches bis an bzw. in das Objekt geschnitten; dann wird der Objekttisch gesenkt, der Ritzer an dem Messer befestigt und die Richtebene des Blocks durch Führung des Messers mit Richtlinien versehen. Sodann schneidet man die obere Fläche des Blocks, die durch das herausgedrängte Paraffin uneben geworden ist, mit dem Mikrotommesser wieder glatt. Endlich wird der Tisch zurückgeklappt, und der Block zeigt eine rechtwinkelig zur Schnittebene stehende, mit Furchen versehene Richtebene.

ALEXANDER benutzt keinen Klapptisch, sondern löst seinen Block vom Tisch los und kittet ihn von neuem auf denselben. Zur Senkrechtstellung bedient er sich eines Metallwürfels, dessen eine Fläche der Richtebene anliegt.

Das Verfahren ist weit umständlicher und schwieriger, als das Herstellen von Richtebenen gleich beim Gießen des Blocks. Außerdem ist der Abstand der Definierfläche vom Objekt schwer zu berechnen; man bleibt oft zu weit von diesem entfernt oder verletzt dasselbe. Doch sind die Richtlinien scharf und mit Zacken versehen, welche mit der Spitze nach dem Objekt zu liegen. Die Methode ist zu empfehlen für

Digitized by Google

große Objekte, welche nicht mehr in die Einbettungskammer eingeschlossen werden können, und für die Fälle, in denen man gezwungen ist, die Richtebene in das Objekt selbst hinein zu verlegen.

C. Die weitere Behandlung der Richtebene.

Wenn die Richtebene in das Präparat selbst verlegt worden ist, so bedarf sie natürlich keines besonderen Anstrichs; der gezackte Kontur des Objekts selbst hebt sich scharf genug ab, um gezeichnet werden zu können.

Meist liegt aber die Definierebene außerhalb des Präparats im Paraffin oder Celloidin, und in diesem Falle muß sie nach Auflösen des Paraffins oder Eindecken des Celloidinschnittes sichtbar gemacht werden.

Paraffinblöcke müssen auch noch nach dem Anstreichen der Richtebene den sekundären Paraffinüberzug erhalten.

a) Sichtbarmachen der Richtebene.

Für Celloidinobjekte ist dieses Sichtbarmachen sehr leicht zu erreichen, indem man zur Färbung der Schnitte Hämatoxylin oder Pikrinsäure verwendet; diese geben der Einschlußmasse einen leichten Ton, so daß der als Richtlinie dienende gezackte Schnittrand deutlich hervortritt. Sicherer geht man allerdings, wenn man sich auch hier des Anstriches mit einer Farbmasse bedient, wie ihn der Paraffinblock stets nötig hat.

Ein solcher farbiger Überzug soll folgende Forderungen erfüllen:

1. Es soll im Schnitt eine scharfe, saubere, dunkle Linie geben, soll

Digitized by Google

2. die Prozeduren des Nachfärbens der Schnitte aushalten können, und

3. möglichst leicht anwendbar sein.

Zu diesem Zwecke sind viele Farbmassen empfohlen worden. Ich habe letzthin alle in der Literatur beschriebenen Verfahren selbst geprüft und über meine Erfahrungen in einem Artikel Bericht erstattet. Bei diesen Versuchen fand ich einen Anstrich, der allen drei Forderungen genügen dürfte und für alle Fälle empfohlen werden kann.

Diese für alle Zwecke geeignete Flüssigkeit ist ein Schuhlack englischer Herkunft »Nubian Waterproof Blacking« (Prepared by the Nubian Manufacturing Co., Ltd., Lorrimore St. London S. E.). Der Lack ist in den größeren Schuhwarengeschäften zu haben, auch hat sich Herr Dr. GRÜBLER-Leipzig bereit erklärt, ihn vorrätig zu halten. Er trocknet sehr schnell und muß deshalb luftdicht verschlossen aufbewahrt werden. Man gieße ihn deshalb aus der Originalflasche in eine andere mit engerem Hals, welche fest verkorkt wird.

Die Anwendungsweise ist höchst einfach. Man taucht einen feinen weichen Pinsel in die Farbe, streicht ihn etwas ab und fährt schnell einmal über die Richtfläche des Paraffinwürfels oder des abgetrockneten Celloidinblocks herüber. Der Überzug muß ganz dünn sein; das durchscheinende Paraffin soll ihn grau erscheinen lassen; je dünner der Lack aufgetragen wird, um so eleganter wird die Definierlinie. Die Flüssigkeit trocknet fast augenblicklich, so daß der Block schon nach wenigen (5) Minuten in den Alkohol zurückgebracht oder (Paraffin) mit dem sekundären Paraffinüberzug versehen werden kann, der auf der Richtebene fest haftet.

Vor dem Auflösen des Paraffins aus den Schnitten soll der Objektträger in absoluten Alkohol getaucht werden, da

Digitized by Google
UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

die Lacklinie sich sonst im Xylol kräuseln kann. Dann folgt Xylol oder eventuelle Nachfärbung.

Im Schnitt erscheint die so hergestellte Richtlinie als scharfe, schwarze Zackenlinie, die leicht nachgezeichnet

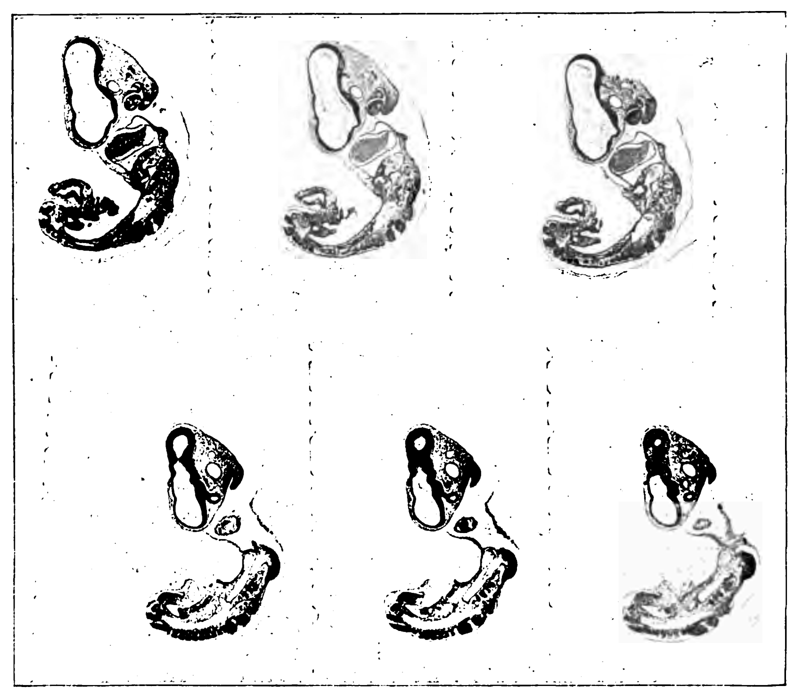


Fig. 11. 6 Schnitte einer Sagittalserie durch einen Eidechsenembryo mit Richtebene. Stückfärbung mit Boraxkarmin, Schnittfärbung mit Hämatoxylin und Orange. Photographie von SOBOTTA.

werden kann. Sie ist gleich gut bei Paraffin- wie Celloidinschnitten und leidet beim Nachfärben nicht, so daß dieser Schuhlack als Universalanstrichmittel der Definierflächen em-

Digitized by Google

pfohlen werden kann. Fig. 11 gibt bei schwacher Vergröße-
rung einige Schnitte einer Serie wieder, welche mit Häma-

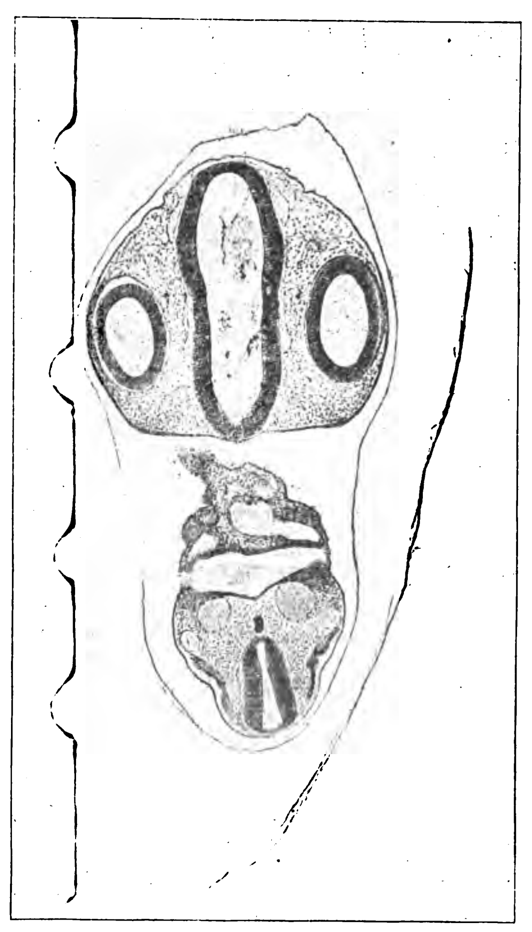


Fig. 12. Schnitt durch einen Eidechsenembryo mit Richtlinie.
Photographie von SOBOTTA.

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

Digitized by Google

toxylin-Orange nachgefärbt worden war. Die Richtlinien haben unverändert diese Prozedur ausgehalten.

In Fig. 12 ist ein Schnitt durch einen mit Boraxkarmin durchgefärbten Eidechsenembryo abgebildet, welcher die Schärfe der Definierlinie bei stärkerer Vergrößerung zeigt.

Meine Versuche mit Nubian Blacking führten zu folgenden Resultaten:

I. Paraffinblöcke. Die Schnitte können mit Wasser oder mit Eiweißglyzerin und Wasser aufgeklebt werden, ohne Nachfärbung eingedeckt oder beliebig nachgefärbt werden; selbst ein langer Aufenthalt in Alkohol oder Wasser schadet der Definierlinie nicht.

II. Celloidinblöcke. Auch die Celloidinschnitte können ohne Nachteile für die Linie nachgefärbt werden.

Daraus ergibt sich, daß dieser Lack den einfachsten und besten Überzug der Richtebene darstellt.

Die vielen früher angewandten Farbmassen litten alle an Nachteilen, welche in der Unsauberkeit der Linie, der beschränkten Anwendungsmöglichkeit oder Umständlichkeit der Handhabung lagen. Ich zähle sie im folgenden kurz auf.

1. Schwarzer Alkohollack von Hutstein, Breslau, Schuhbrücke (Born und Peter, 1898) wird in ganz gleicher Weise angewandt wie Nubian Blacking und gibt eine sehr schöne schwarze Linie, welche die des englischen Fabrikats an Zartheit noch übertrifft. Doch ist der Lack sehr empfindlich gegen Alkohol und Wasser, erlaubt also kein Nachfärben, blaßt selbst in unreinem Xylol oder in mit solchem verdünnten Kanadabalsam ab; benutzt man reines Xylol, so hält sich die Linie. Wegen dieser Empfindlichkeit empfehle ich diesen sonst ganz vorzüglichen Überzug nicht mehr.

2. Indian Blacking (Peter 1899), ebenso angewandt, lieferte etwas hellere, scharfe Richtlinien.

3. Gleich gut werden dieselben, wenn man die Definierfläche nach Borns (1888) Vorschlag mit einer mit Bismarckbraun versetzten

Digitized by Google

alkoholischen Schellacklösung bestreicht, Nachfärben ist aber auch hier unmöglich.

4. Ein Mittel, das auf Paraffin wie auf Celloidin gut haftet und eine saubere Linie gibt, ist die Paste der blauen Faberschen Glasschreibstifte (STRASSER 1887), die ich in Chloroform auflöse. Notwendig ist nachträgliches Firnissen mit alkoholischer Schellacklösung, dann hält der Überzug auch das Nachfärben der Schnitte aus.

5. Schwarze Ölfarbe empfahlen KASCHTSCHENKO (1886, 87), Lampenschwarz mit wenig Terpentin oder Xylol verdünnt, und STRASSER (1888) (Lithographenschwarz); letzterer wäscht den Überschuß mit Glyzerinalkohol ab, läßt trocknen und firnißt. Die Richtlinie ist nicht sehr sauber, gestattet aber Schnittfärbung.

6. Nicht viel exaktere Resultate liefert die Temperafarbe Neutralschwarz (PETER 1898), die noch eine komplizierte Anwendungsweise verlangt. Sie wird mit 10 Tropfen Eiweißklebemasse und 1 Tropfen 1 % Essigsäure zu dünnflüssiger Mischung verrührt, auf die Richtfläche aufgetragen, nach dem Trocknen (1/4 Stunde auf dem Wärmeschrank) der Block in absoluten Alkohol getaucht, nochmals Trocknen, endlich Firnissen.

7. Sehr häufig ist Ruß verwandt worden; die Linie ist zwar schwarz und hält das Nachfärben aus, doch lösen sich dabei stets Teile des Kohlenstaubes los, verunreinigen das Präparat und machen die Linie bröckelig und unsauber. Die Linie haftet nur auf dem Objektträger, wenn der Schnitt mit Eiweißglyzerin aufgeklebt wird.

Am saubersten wird die Richtlinie noch, wenn man nach NEUMAYER (1899) den Ruß mit Zaponlack oder nach ROETHIG (1904) mit Chloroform aufnimmt und in dünner Schicht auf die Definierfläche streicht. BORN (1881) brachte den Kohlenstaub anfangs trocken auf den Paraffinblock und fixierte ihn mit alkoholischer Schellacklösung. Das Resultat war nicht schlechter als das seiner späteren Methode (BORN und PETER, 1898) der Gauppschen Ruß-Celloidinmischung; diese wurde so hergestellt, daß Ruß mit verdünntem Celloidin gemischt oder in eine 1 % Celloidinlösung geschüttet wurde. Die Richtebene wurde im ersten Fall mittels Pinsels, im zweiten mittels Bestäubers mit dem Überzug versehen. Ich betrachte es als einen großen Vorteil des Nubian Blacking, daß es die unsauberen Rußlinien überflüssig macht.

8. Als Anstrichmittel für Celloidin (auch für Paraffinblöcke anwendbar) ist eine blaue Farbmasse empfohlen worden (BORN und PETER,

Digitized by Google

1898). 10 Teile Preußischblau werden mit 50 Teilen Terpentinöl verrieben und mit 150 Teilen Äther aufgenommen. Die Flüssigkeit verdirbt nach einigen Wochen durch Absetzen des Pigments, auch ist ihre Herstellung recht umständlich.

Die Verwendbarkeit dieser älteren Farbmassen war also folgende:

1. Für alle Fälle, für Paraffin wie Celloidin, sind brauchbar die Paste der Faberschen Glasschreibstifte und die Aufschwemmung von Preußischblau in Terpentinöl.

2. Nur für Paraffin sind die übrigen Mittel anwendbar. Hier gestatten Ölfarbe, Temperafarbe und Ruß das Nachfärben der Schnitte, Alkohollack und Schellacklösung mit Bismarcklösung dagegen nicht, verlangen also Stückfärbung.

Der sekundäre Paraffinüberzug der Richtfläche.

Um die mit dem Anstrich versehene Richtebene beim Schneiden zu schützen, sie gewissermaßen ins Innere des Blocks zu verlegen, ist sie nochmals mit Paraffin zu überziehen. KASCHTSCHENKO empfahl als erster diesen sekundären Paraffinüberzug, doch entfernte er ihn nach dem Schneiden oder ließ ihn sich eher ablösen, während der Überzug besser auf dem Blocke verbleibt. Damit das Paraffin gut auf dem Block haftet, muß es heiß sein. 75° C ist die beste Temperatur.

Man tauche den Block auf einen Moment in dies Paraffin, lasse den Überzug erstarren, und wiederhole dies noch ein- bis zweimal. Natürlich darf man, um ein Abschmelzen des Blocks zu verhindern, nur ganz kurz eintauchen. Ferner achte man darauf, daß die Fußfläche des Blocks nicht vom Paraffin überzogen wird, und daß die Richtebene beim Eintauchen nach oben liegt. Hält man diese nach unten, so fangen sich leicht Luftblasen in den Furchen, welche die Exaktheit der Richtfläche stören und ein Anhaften des Paraffins an ihr erschweren.

Digitized by Google

Bei Befolgung dieser Vorschriften wird sich beim Schneiden der Überzug nicht von der Definierebene ablösen, sondern mit dem Block eine Einheit bilden.

Anhangsweise seien noch kurz zwei Verfahren wiedergegeben, welche Orientierungsmarken an Celloidinblöcken anbringen.

1. Eycleshymers Methode.

Für Celloidinobjekte hat Eycleshymer eine eigenartige Methode beschrieben, welche Ähnlichkeit mit Strassers ersten Vorschlägen hat. Das Präparat wird in eine Kammer aus 2 Neapler Rähmchen eingebettet. Die Seiten dieser Metallwinkel sind von feinen Löchern durchbohrt, welche einander gegenüberliegen und durch welche parallel verlaufende Seidenfäden gezogen werden. Diese werden straff gespannt und außen an der Kammer durch Celloidin befestigt. Nach Einbettung und Orientierung des Objekts und nach Festwerden der Einbettungsmasse werden die langen freien Enden der Fäden mit Rußkollodium durchtränkt. Die Befestigung der Fäden an den Rähmchen wird sodann durch Äther gelöst und dieselben durch den Block durchgezogen. Der Ruß bleibt in dem Block haften und die schwarzen Linien, welche dadurch entstehen, werden als Richtzeichen benutzt.

2. Pohlmans Verfahren des Anbringens von Richtzeichen an Gage-Fish-Celloidinblöcken.

Für Celloidinblöcke, welche nach der Gage-Fish-Methode mittels Rizinusöl durchsichtig gemacht worden sind, empfiehlt Pohlman folgendes Verfahren: In eine Kupferplatte werden parallele Linien im Abstand von ungefähr 2 mm eingegraben, die Platte sodann vernickelt und poliert. Zum Gebrauch wird sie mit Vaselin oder Olivenöl eingerieben und mit einer Lage von 6 % Kollodium versehen. Ist diese hart geworden, so wird die ganze Platte in Chloroform und bis zum Durchsichtigwerden des Kollodiums in Rizinusölxylol gebracht. Auf die freie Fläche wird der Block mit einer geschnittenen Ebene durch dickes Kollodium befestigt und nach den eingeritzten Linien orientiert.

Nach Festwerden des befestigenden Kollodiums wird die Platte abgenommen; der Block trägt dann einen 1—2 mm dicken Kollodium-

Digitized by Google

streifen mit parallelen Leisten. Gefärbt wird letzterer mittels einer Lösung von Cöruleinblau in Anilinöl oder Nitrobenzol, welche nur den Streifen durchdringt, nicht das befestigende Kollodium, da sie in Wasser, Alkohol, Chloroform und Äther unlöslich ist. Das Orientieren des Blocks auf dem Mikrotom wird nach Augenmaß ausgeführt, indem man auf den Messerhalter einen Objektträger mit parallelen Ritzen stellt und den Block dreht, bis die Richtleisten ihnen parallel laufen.

Als Vorteile des Verfahrens führt POHLMAN an: Billigkeit des Apparates, Anwendbarkeit für Blöcke von jeder Größe und für jede beliebige Richtung, als Nachteile: die Nachteile der Rizinusölmethode (s. S. 21) und Anwendbarkeit nur bei Blockfärbung, da beim Nachfärben die Linien verloren gehen.

Zum Schlusse seien noch einige allgemeingültige Bemerkungen über das

4. Zeichnen der Schnitte

gegeben.

Wenn irgend möglich, bediene man sich hierzu des Projektionsapparates. Dieser entwirft ein objektives Bild auf das Papier, das leicht nachgezeichnet werden kann. Sodann ist das Gesichtsfeld außerordentlich groß, so daß wohl stets der ganze zu zeichnende Schnitt mit seiner Definierlinie, selbst wenn diese weit entfernt liegen sollte, gleichzeitig sichtbar ist und ein Verschieben des Präparates (s. u.) kaum nötig sein dürfte. Da für die Plattenmodelliermethode die Vergrößerung so hoch wie möglich genommen werden sollte, ist dies umfangreiche Gesichtsfeld ein großer Vorteil. Unbequem ist nur das Zeichnen auf der senkrecht stehenden Tafel, doch schützt ein Malstock sehr gut vor schneller Ermüdung. BARDEEN projiziert deshalb in einen um 45° geneigten versilberten Spiegel, der das Bild auf einen horizontal stehenden Zeichentisch wirft.

Digitized by Google

Als Zeichentafel verwende man eine vertikal stehende Holztafel, welche auf zwei Schienen läuft, um die Entfernung der Zeichenfläche vom Projektionsapparat verändern zu können. Eine Klammer kann die Tafel in jeder Stellung befestigen. Eine mittlere, mit Zentimetereinteilung versehene Schiene gibt die Stellung der Tafel an. Das Papier schneide man in Blätter, die etwas größer als die Zeichnungen sein sollen; beim Bedarf mehrerer Blätter hefte man etwa 10—12 Stück mittels Reißnägel auf die Tafel. Nach Vollendung einer Zeichnung wird das oberste Blatt abgerissen und beiseite gelegt.

Pohlmans Zeichentafel.

Eine ganz ausgezeichnete Zeichentafel hat POHLMAN konstruiert, sie ist in Fig. 13 von vorn und in Fig. 14 von der Seite dargestellt. Die Beschreibung folgt POHLMANS eigener Darstellung, welche mir der Erfinder freundlichst zur Verfügung stellte. Die Tafel besteht aus einer Schiebetür (*1*), welche in ein Gestell (*2*) eingelassen worden ist. Das letztere läuft auf zwei Schienen (*3*) in der Achse der Projektion und ist durch eine seitliche Klammer, welche sich an der Stelle des Pfeiles in Fig. 13 und 14 befindet, in jeder Stellung zu befestigen. Auch die Schiebetür ist seitlich in einem Gang (*4*) unabhängig von der Bewegung des Gestells verschiebbar, und zwar in der ganzen Breite des Gestells, und ist in dieser Bahn durch eine Schraube (*5*) feststellbar. Auf das Brett (*6*) ist der Stuhl zu stellen.

Diese Zeichentafel erlaubt also nicht nur Bewegungen nach vorn und hinten, sondern auch nach der Seite. Ihr größter Vorzug besteht aber in der Art und Weise, in welcher das Papier geliefert wird und der Möglichkeit, gleichzeitig drei

Digitized by Google

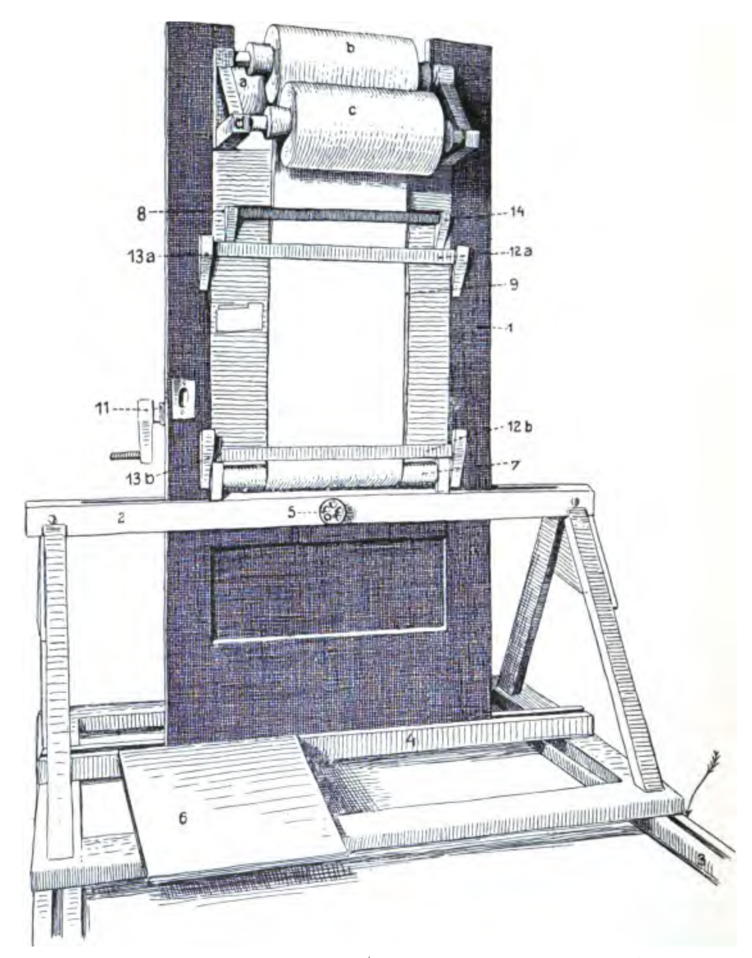


Fig. 13. Pohlmans Zeichentafel von vorn. *1* Schiebetür. *2* Gestell. *3* Laufschienen *4* seitlicher Gang. *5* Schraube zum Feststellen. *6* Brett für den Stuhl. *7* untere Rolle. *8* Holzleiste zum Festklemmen des Blaupapiers (fällt in der neuen, hier beschriebenen Form weg). *9* Blaupapier. *10* hintere Rolle. *11* Handgriff zu *10*. *12a*, *b* Holzleisten zum Festklemmen des Zeichenpapiers, in die Halter *13a*, *13b* eingelassen. *14* Halter für das Blaupapier. *15* nach der Rolle *10* geführte Papierstreifen. *a*, *b* *c* Rollen von Zeichenpapier. *d* Träger der Rollen. Der Pfeil deutet den Ort der Klammer an, welche das Gestell *2* in der Bahn *3* feststellt.

Digitized by Google

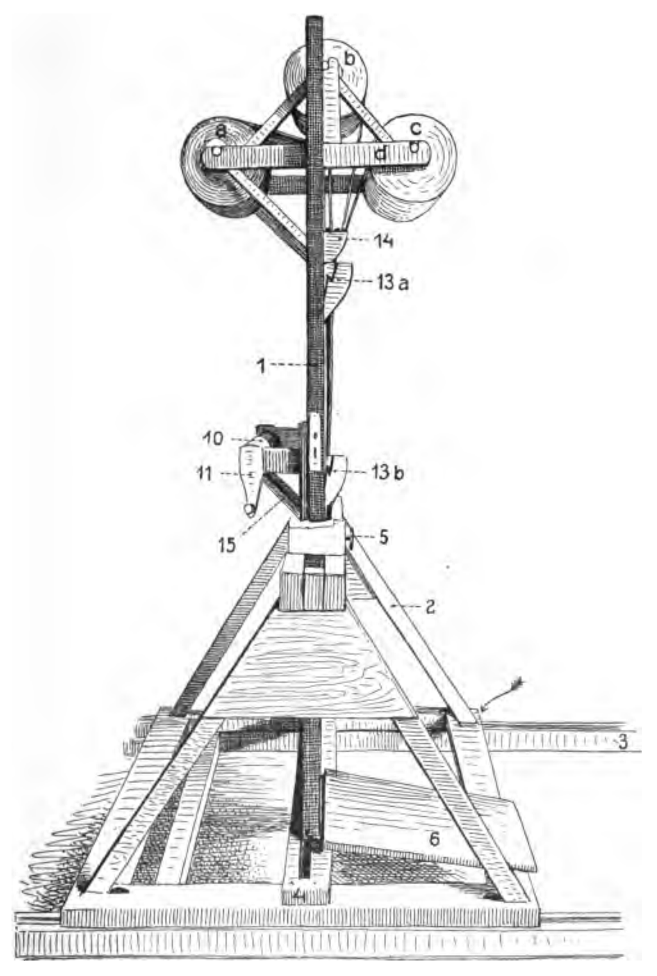


Fig. 14. POHLMANS Zeichentafel von der Seite. Erklärung der Ziffern und Buchstaben s. Fig. 13.

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

Digitized by Google

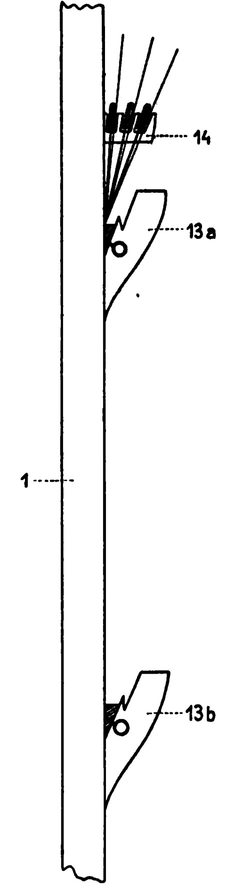


Fig. 15. Teil der Seitenansicht von POHLMANS Zeichentafel im Riß, um die Befestigung des Blaupapiers und Zeichenpapiers in den Haltern zu zeigen. Erklärung der Ziffern s. Fig. 13.

Kopien derselben Zeichnung zu erhalten. Das Papier befindet sich in drei Rollen (*a*, *b*, *c*) am oberen Rande der Zeichentafel. Von da laufen die drei Papierstreifen über die Zeichenfläche und passieren eine zweite Rolle (*7*) am unteren Ende der Zeichenfläche, durch welche sie nach hinten geleitet werden. Daselbst befindet sich eine dritte Rolle (*10*), auf welche mittels eines an beiden Seiten befindlichen Handgriffs (*11*) das Papier aufgerollt werden kann. Diese Rolle kann leicht entfernt werden. Ist eine Zeichnung fertiggestellt worden, so rollt man mit dem Handgriff (*11*) neue Zeichenfläche herab. Natürlich kann man, wenn keine Serienzeichnungen nötig sind, das Papier auch am unteren scharfen Rand der unteren Holzleiste (*12b*) abreißen.

Die Befestigung des Papiers auf der Tafel geschieht mit an einer Kante keilförmig zugeschärften Holzleisten (*12a*, *12b*), welche in Halter (*13a*, *13b*) an den Seiten der Tafel eingelassen werden. Wie der seitliche Grundriß (Fig. 15) lehrt, sind diese Halter innen mit einer Kerbe versehen. Befindet sich die Holzleiste in dieser oberen Kerbe, so

Digitized by Google

drückt die Leiste nicht fest auf die Zeichentafel, und das Papier kann vorübergezogen werden; wird sie in die untere Kerbe zwischen Halter und Tafel eingeklemmt, wie in der Fig. 15, so ist das Papier befestigt.

Hat man nur eine Zeichnung nötig, so wird man nur eine der oberen Rollen benutzen. Will man deren drei gleich-

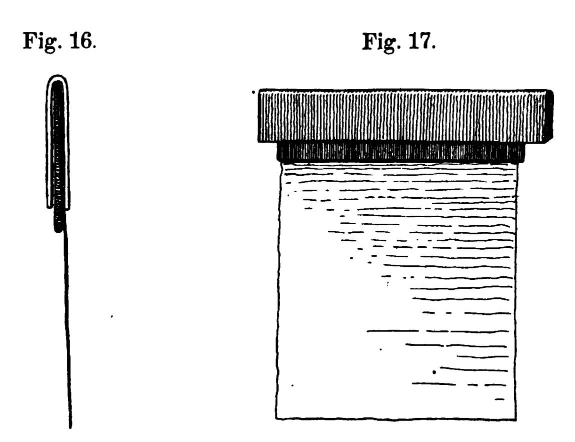


Fig. 16. Einklemmen des Blaupapiers (schwarz) in den Eisenbügel mittels des Messingstreifens, Seitenansicht.
Fig. 17. Einklemmen des Blaupapiers im Eisenbügel, von vorn gesehen.

zeitig anfertigen, so lege man zwischen die einzelnen Papierstreifen und hinter das innerste drei Blätter doppelseitigen Kohlepapiers (Blaupapier). Die Befestigung desselben an der Tafel geschieht in folgender Weise. Erst werden die Bogen in der Nute eines 40 cm langen Eisenbügels durch einen 35 cm langen, keilförmig zugeschärften Messingstreifen festgeklemmt, wie es Fig. 16 von der Seite und Fig. 17 von vorn zeigen. Die so beschickten Bügel (*8*, Fig. 17) werden

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

in die Kerben der seitlich an der Tafel befindlichen Halter (*14*) eingesteckt (Fig. 15). (In Fig. 15 ist der metallene Halter genau wiedergegeben. Fig. 14 zeigt eine ältere Form aus Holz.) Die Holzleisten (*12*) halten mit dem Zeichenpapier auch das Kohlepapier fest auf die Tafel; bei deren Lockerung und Weiterrollen des Zeichenpapieres schiebt sich das letztere vor und zwischen diesen Kohleblättern, welche an ihrer Stelle bleiben, vorbei. Die Kohlepapiere reichen für 30—100 Zeichnungen, je nach Größe und Kompliziertheit.

So erhält man auf drei Papieren drei der Zeichnung entsprechende und drei spiegelbildliche Abbildungen, indem jedes Blatt auf Vorder und Rückseite eine Kopie trägt. Die Konturen sind scharf, wie mir eine Probe zeigt, die mir Herr Dr. VOIT aus dem Freiburger anatomischen Institut freundlichst schickte, dem ich auch die genaue Beschreibung des Anbringens der Kohleblätter verdanke. Man kann, da die Papiere doppelseitig gezeichnet sind, das Modell von beiden Seiten aus aufbauen.

Die großen Vorteile dieses Zeichentisches liegen auf der Hand: Bequemlichkeit der Handhabung des Papiers, das nicht geknittert oder gefaltet wird; gleichzeitige Herstellung von drei Zeichnungen, seitliche Bewegung des Tisches, Billigkeit des Apparates. Der einzige Nachteil ist das Zeichnen auf vertikaler Fläche, der sich nur durch BARDEENS Spiegel (s. S. 58) heben läßt.

Ist ein Projektionsapparat nicht zur Hand, so muß man einen der üblichen Zeichenapparate von ABBÉ oder OBERHÄUSER benutzen. Diese haben den Nachteil, daß entweder Schnitt oder Bleistiftspitze gespiegelt wird und es doch nicht immer leicht ist, die Organkontur und den Stift gleichzeitig

Digitized by Google

im Auge zu haben. Ferner ist das gebotene Gesichtsfeld sehr klein, und oft wird man nicht gleichzeitig Schnitt und Richtebene in demselben vereinigen können.

Für diesen häufig eintretenden Fall hatte KASCHTSCHENKO den Rat gegeben, Schnitt und Definierlinie erst bei sehr schwacher Vergrößerung, bei welcher beide in einem Gesichtsfeld sichtbar sind, zu zeichnen, das Papier festzustellen und nun bei der gewünschten stärkeren Vergrößerung allein den Schnitt abzubilden, nachdem man Sorge getragen hat, daß derselbe zum Zeichnen in die Mitte des Gesichtsfeldes zu liegen kommt. Dies Verfahren dürfte durch das folgende weit einfachere völlig verdrängt worden sein.

Am besten bedient man sich dann KASCHTSCHENKOS »komplizierter Isolierung«. (Dieser Autor nennt seine Rekonstruktionsmethode graphische Isolierung (s. u.).) Durch dieselbe wird »aus zwei zum Teil zusammenfallenden Gesichtsfeldern eine allgemeine Zeichnung« gemacht.

Fig. 18 illustriert dieses Verfahren. Rekonstruiert werden soll das Gehirn des Eidechsenembryos, von dem ein Schnitt durch das Vorderhirn (*c*) gestrichelt dargestellt ist. Doch ist derselbe so weit von der Richtlinie *ab* entfernt, daß beide nicht gleichzeitig in ein Gesichtsfeld fallen; die Ausdehnung desselben ist durch die beiden Kreise *x*, *y* gegeben. Man geht nun in der Weise vor, daß man zuerst die Richtlinie mit einem in demselben Gesichtsfeld liegenden Teil des Schnitts, z. B. dem stark konturiert gezeichneten Herz *d* zeichnet (Kreis *x*). Dann verschiebt man Schnitt und Zeichnung in demselben Sinne, bis der zu rekonstruierende Teil *c* erscheint und paßt den gleichzeitig sichtbaren, schon gezeichneten Kontur des Herzens im Schnitt auf seine Abbildung *d*, so daß diese jetzt als Richtebene dient (Kreis *y*). Jetzt

Digitized by Google

kann man das zu rekonstruierende Organ zeichnen — es befindet sich in der richtigen Lage zur Richtlinie. Der

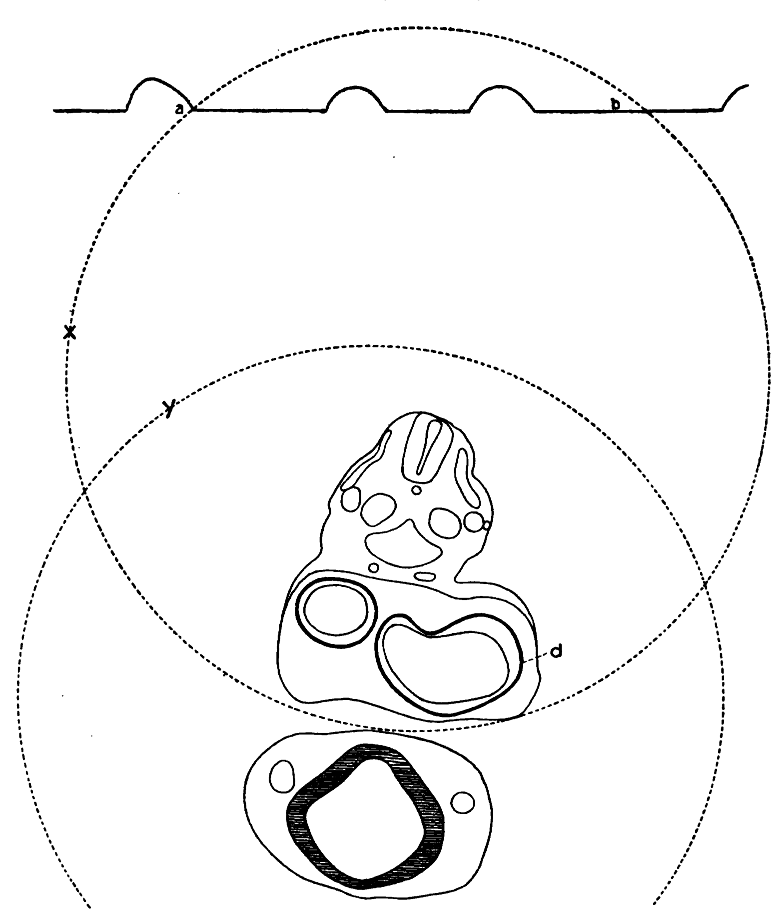


Fig. 18. KASCHTSCHENKOS komplizierte Isolierung. *x*, *y* Ausdehnung des Gesichtsfelds. *a*, *b* Richtlinie. *c* der zu rekonstruierende Teil. *d* das Zwischenstück.

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

Digitized by Google

Zwischenteil »gilt also als ein Verbindungsstück zwischen den Definierkonturen und dem Organ, welches man graphisch isolieren will«. Da eine gerade Linie allein zur Richtlinie nicht genügt (s. o.), so verwende man zu diesem Zweck gebogene Konturen, wie sie ja fast alle Organe im Bilde zeigen. Gar oft wird man bei Benutzung von Zeichenapparaten gezwungen sein, mehrere solcher Verbindungsstücke zu einer Zeichnung zu verwenden; auch wird ein Verschieben von Schnitt und Bild nötig sein, wenn die zu zeichnende Fläche größer ist als ein Gesichtsfeld. Indes leidet trotz aller Vorsicht die Genauigkeit bei diesen Verschiebungen; deshalb sei nochmals der Projektionsapparat empfohlen, bei welchem alle diese Hilfsmittel unnötig sind.

Daß die Schnittbilder recht genau ausgeführt werden müssen, braucht wohl nicht erst betont zu werden. Besonders exakt folge man der Richtlinie. Da ihre den Paraffinblock bedeckende Farbschicht an verschiedenen Stellen verschieden dick ist, so halte man sich nur an ihren inneren, dem Objekt zu liegenden Kontur, welcher die Außenfläche des Blockes darstellt. Nur in den seltenen Fällen, in welchen die Linie bei besonders dicken Schnitten, z. B. von 30 μ, umgefallen ist, müssen beide Konturen gezeichnet werden.

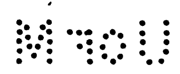
Vom Schnitt selbst zeichne man möglichst viel, auch Organe, an deren Rekonstruktion man zunächst nicht denkt; es stellt sich später manchmal noch die Notwendigkeit dazu ein, und ein Nachtragen in die Zeichnung ist sehr umständlich. Bei Verwendung von Kopierstiften kann man auch die Schnittbilder vervielfältigen und zu verschiedenen Rekonstruktionen verwenden. Nur KASCHTSCHENKOS graphische


Digitized by Google

Isolierung bedarf einfacherer Konturen; hier zeichne man nur das Notwendigste.

Trotz der erforderten zeitraubenden Genauigkeit ist es sehr anzuraten, die sämtlichen, für ein Modell nötigen Abbildungen möglichst hintereinander anzufertigen, da die geringste Verschiebung am Tubus des Mikroskops oder an der Zeichentafel die Vergrößerung verändert und daher die Zeichnungen verschieden groß gestaltet. Kann man nicht in einer Sitzung fertig werden, so versäume man nie, am Anfang der Fortsetzung das Bild des letzten Schnittes mit seiner Zeichnung auf ein vollständiges Zusammenfallen hin zu kontrollieren.

Endlich überzeuge man sich noch von der Richtigkeit der Zeichnungen, indem man die Serie unter dem Mikroskop durchsieht und jedes Schnittbild mit seinem Schnitt vergleicht.



Digitized by Google

Zweiter Teil.

Die Rekonstruktionsverfahren.


Digitized by Google

Digitized by Google

1. Zeichnerische (graphische) Rekonstruktionsmethoden.

Die graphischen Rekonstruktionen liefern, wie schon ihr Name sagt, eine Zeichnung. Die älteste Methode ist His' projektive Konstruktion, doch stellen wir aus Gründen der Klarheit die Pauskombination voran, da deren Kenntnis für einige Anwendungsweisen der Hisschen Methode notwendig ist.

A. Pauskombination und graphische Isolierung.

Durch Pauskombination gewinnt man plastische Zeichnungen, und zwar eine körperliche Ansicht des Objekts senkrecht zur Schnittfläche.

Das Verfahren wurde von verschiedenen Seiten eingeschlagen: man zeichnete die interessierenden Teile auf durchsichtiges Papier (geöltes Seidenpapier, besser Pauspapier, welches durch Wachsdurchtränkung noch transparenter gemacht werden kann) und hielt diese Umrißbilder richtig angeordnet ans Licht, wodurch eine Anzahl von Konturen gleichzeitig sichtbar wurden, die zu einem Bild vereinigt werden konnten: so kam eine plastische Ansicht des Gebildes zustande. Oder man entwarf die Umrisse richtig orientiert gleich auf ein Blatt Papier und fertigte aus den so entstehenden Liniensystemen die plastische Zeichnung. In dieser Weise ging Froriep bei seinen Kombinationen mehrerer

Digitized by Google

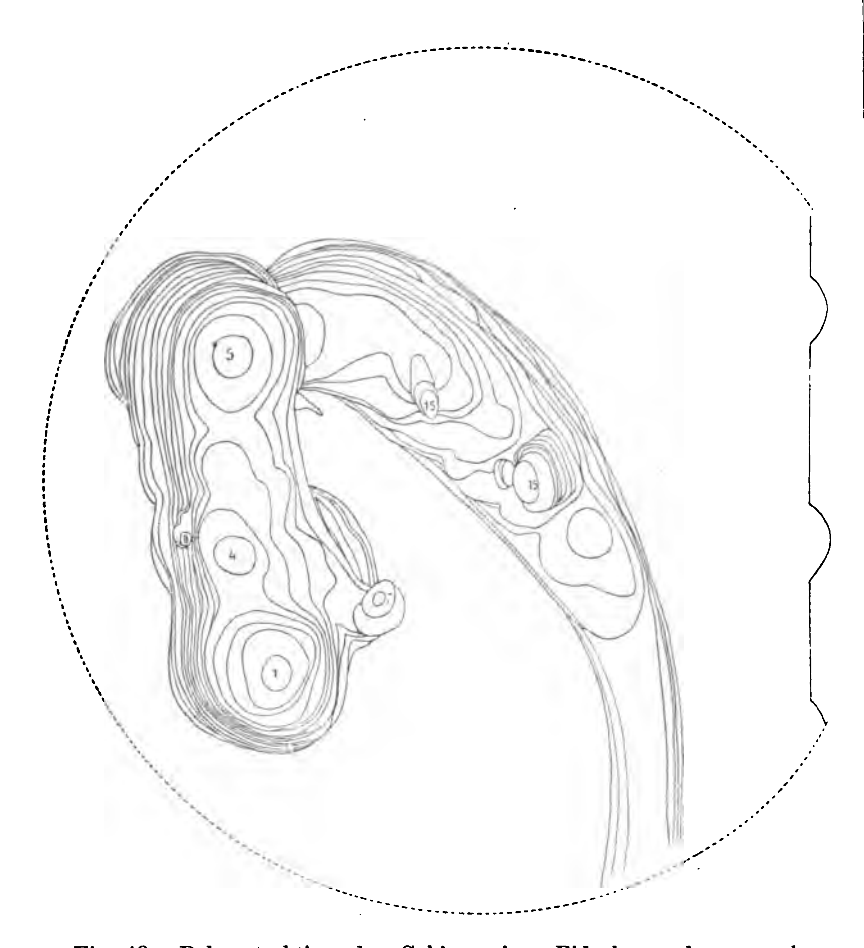


Fig. 19. Rekonstruktion des Gehirns eines Eidechsenembryos nach KASCHTSCHENKOS graphischer Isolierung aus Sagittalschnitten (s. Fig. 11). Der Kreis giebt das Gesichtsfeld an. Rechts die Richtlinie. Die Zahlen bezeichnen die Reihenfolge der Schnitte. Vergrößerung etwa 45 fach.

Digitized by Google

Schnitte vor, ebenso DOHRN; STÖHR gewann aus Frontalschnitten Umrisse des Viszeralskeletts von Froschlarven, K. SCHAFFER empfahl die Methode zum Studium des Faser-

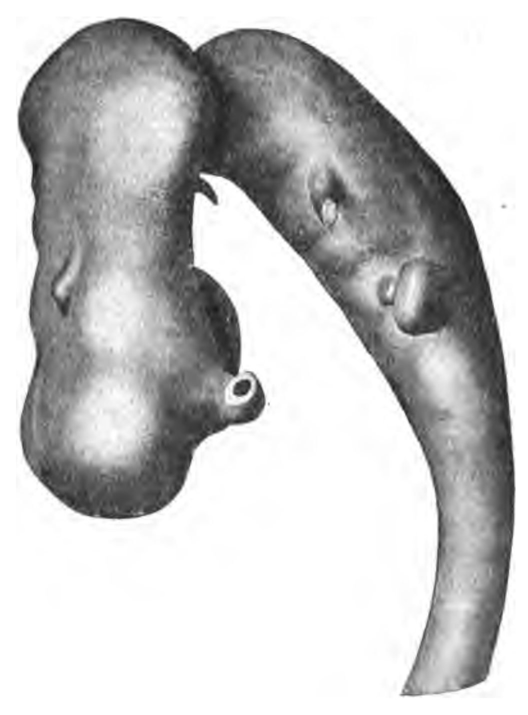


Fig. 20. Die Fig. 19 zur plastischen Zeichnung umgewandelt.

verlaufs im Zentralnervensystem; STRASSER bespricht dies Verfahren, seine »Frontansicht« genau, KASCHTSCHENKO nennt es »Flächenprojektion«. Letzterer bildete die Methode weiter aus und verfeinerte sie durch Anbringen von Richtzeichen,

Digitized by Google

und in dieser Form ist seine »graphische Isolierung« ein wichtiges Hilfsmittel beim Studium von Schnittserien.

Die einfache Ausführung der graphischen Isolierung wird durch Fig. 19 und 20 illustriert, in welchen aus einer Sagittalschnittserie durch einen Eidechsenembryo das Gehirn graphisch isoliert worden ist. Man zeichnet den ersten Schnitt, bzw. die Umrisse des zu rekonstruierenden Organs, hier den Außenkontur des Gehirns, mit seiner Richtlinie. Darauf stellt man den zweiten Schnitt unter dem Zeichenapparat so ein, daß die Richtlinien des Schnittes und der ersten Zeichnung sich absolut genau decken, und zeichnet auf dasselbe Blatt die Umrisse desselben Gebildes (des Gehirns), die sich gegen die erste Zeichnung etwas verschoben haben und so neben der um die ersten zu liegen kommen. Ebenso verfährt man mit den folgenden Schnitten, immer die Definierlinien zur Deckung bringend. So erhält man ein System von um- und nebeneinander liegenden Linien, welches dem Bilde einer Karte mit Höhenkurven gleicht (s. Fig. 19). Doch ist es komplizierter als dieses, da sich vielfach überschneidende Linien finden (z. B. am Augenstiel, am Mittelhirn). Dadurch werden einige Regeln bedingt, die ich hier anführe.

Einmal zeichne man bei dieser Methode nicht zuviel, sondern beschränke sich allein auf das gerade interessierende Organ, in unserem Falle (Fig. 19) das Gehirn, das gewissermaßen aus dem ganzen Objekt »graphisch isoliert« wird; jede weitere Beigabe macht das Kurvensystem erheblich verwickelter.

Sodann beginne man beim Zeichnen mit dem ersten Schnitt, der das betreffende Organ zeigt, d. h. den Teil des Organs, welcher in der Rekonstruktion dem Beschauer zugewendet ist (in unserem Falle mit dem durch 1 bezeichneten Schnitt

Digitized by Google

des Vorderhirns) und zeichne späterhin allein die Konturen, welche außerhalb der schon angegebenen liegen; diejenigen Teile, welche von den gezeichneten bedeckt werden, lasse man weg. So kann schon das Kurvensystem allein einen plastischen Eindruck hervorrufen. Baut man das Bild von der umgekehrten Seite, von dem Mittelschnitt, auf, wie man es bei einem Plattenmodell machen würde, so würde man die Überschneidungen nicht bemerken können, und die Linien durchschneiden sich in verwirrender Weise.

Der plastische Eindruck der Umrißzeichnung wird leicht verwischt, wenn das Bild zu groß ist. In diesem einzigen Falle wähle man also Vergrößerungen, die nicht zu hoch sind.

Für das Zeichnen ist noch folgendes zu empfehlen. Da die Liniensysteme nicht angeben, ob eine Wölbung konvex oder konkav zur Fläche des Papiers verläuft, und die Schnittumrisse einer Kugel der einer von innen gesehenen halben Hohlkugel gleichen, so benutze man, wo es sich als nötig erweist, farbige Stifte oder Tinten — zeichne z. B. jede fünfte oder zehnte Linie rot oder gebe den Linien Zahlen bei; dadurch wird sofort gekennzeichnet, welche Kurven in einer Ebene liegen, bzw. einem Schnitt angehören.

Sollte das Kurvensystem zu kompliziert werden, so kann man natürlich statt der einen mehrere Detailzeichnungen anfertigen, kann auch jeden Schnitt für sich abbilden und die Isolierung erst durch Pauspapier herstellen. Speemann, der die Rekonstruktionen für seine experimentellen Arbeiten mittels. Kaschtschenkos Methode ausführt, erhält sehr klare Bilder dadurch, daß er jeden Kontur nach dem Zeichnen gestrichelt mit Tinte nachzieht und die Bleistiftlinie ausradiert.

Digitized by Google

Endlich ist, wenn die Richtebene weit von dem zu isolierenden Organ gelegen ist, zur Vermeidung der »komplizierten Isolierung« (s. S. 65) nötig, den Projektionsapparat mit seinem großen Gesichtsfeld zu benutzen. Sonst kann man sich hier mit Vorteil der Zeichenkamera bedienen.

Das Liniensystem muß endlich zur plastischen Zeichnung umgestaltet, aus Fig. 19 Fig. 20 hergestellt werden. Hier muß die Schnittdicke in Rechnung gezogen werden, um den richtigen körperlichen Eindruck hervorzurufen. In unserem Fall sind 30 Schnitte von 20 μ Dicke gezeichnet worden (jeder zweite Schnitt einer Serie von 10 μ Dicke), und zwar bei 55facher Vergrößerung. Es muß die plastische Abbildung also derartig ausgeführt werden, daß man den Eindruck hat, als befinde sich der erste Schnitt — die Spitze des Vorderhirns — $55 \times 30 \times 0{,}020 = 33$ mm über der Fläche des Papiers. So ergibt sich die Flächenansicht des Organs Fig. 20.

Freilich setzt dies Schattieren der Liniensysteme einen ungewöhnlichen Grad von Zeichentalent voraus, und dies ist ein Hauptnachteil des Verfahrens. Ein weiterer Übelstand besteht darin, daß die Methode eine ganz bestimmte Schnittrichtung verlangt, wenn man eine bestimmte Ansicht gewinnen will, da eben nur eine Ansicht senkrecht zur Schnittrichtung wiedergegeben werden kann. Reine Sagittalansichten werden bei gekrümmten Embryonen z. B. kaum hergestellt werden können, doch sind nach Kaschtschenko Schrägansichten, wie Fig. 20, oft instruktiver. Dagegen sind die üblichen Querschnittserien für diese Methode fast unbrauchbar.

Der Hauptvorteil der graphischen Isolierung liegt in der schnellen Ausführbarkeit; eine plastische Zeichnung kann indes ein körperliches Modell nicht ersetzen, und

Digitized by Google

zumal bei komplizierten Verhältnissen wird man zur Plattenmodelliermethode greifen müssen. Dagegen ist dies Verfahren beim Studium des Verlaufs und der Verzweigung dünner Gebilde (Nerven, Nervenfasern, Gefäße) außerordentlich zu empfehlen, da hier die plastischen Methoden Schwierigkeiten bereiten oder versagen (s. auch hierüber S. 9).

Tur wendet dieselbe Methode an, um das Wachstum von Keimscheiben graphisch darzustellen. Er photographiert oder zeichnet seine Objekte bei gleicher Vergrößerung und überträgt diese Zeichnungen auf ein einziges Stück Papier. Dabei legt er die Primitivknoten (das Vorderende des Primitivstreifens) aufeinander und hat in derselben Abbildung z. B. die verschiedenen Umrisse der Areae pellucidae mehrerer Keimscheiben, deren Abstand vom Primitivknoten direkt aus der Zeichnung abgelesen werden kann. Für feinere Verhältnisse versagt dies Verfahren.

B. His' projektive Konstruktion.

His' projektive Konstruktion (von Kaschtschenko Reihenprojektion genannt) gestattet in beliebiger Anzahl Schnittbilder herzustellen, deren Flächen senkrecht zur Schnittebene der Serien liegen. Aus einer Querschnittserie kann man so Sagittal- oder Frontalschnitte eines Embryo konstruieren und denselben sehr genau durcharbeiten.

His formuliert das Prinzip dieses Verfahrens selbst folgendermaßen: »Nachdem das Objekt bei einer bestimmten Vergrößerung als Ganzes gezeichnet, dann in Schnitte von bekannter Dicke zerlegt worden ist, und nachdem man auch diese letzteren bei derselben Vergrößerung gezeichnet hat,

Digitized by Google

sind die Unterlagen zu einer zuverlässigen Rekonstruktion beisammen. Die Ausführung dieser letzteren beruht auf sehr einfachen Grundsätzen. Ein Papierblatt wird in parallele Zonen eingeteilt, derart, daß jede Zone gemäß der angewandten Vergrößerung einer Schnittdicke entspricht. Bei Konstruktion von Sagittalprojektionen dient das in richtiger Neigung aufgetragene Rückenprofil als Grundlinie, bei Frontalprojektionen ein medianer Vertikalstrich. Die Distanzen der einzuzeichnenden Teile von diesen Grundlinien werden für jeden einzelnen Schnitt ausgemessen und an entsprechender Stelle in die Projektionszeichnung eingetragen.« Darauf verbindet man die so gewonnenen Grenzpunkte und erhält eine Konturzeichnung der Organe in der gewünschten Schnittrichtung. Der Abstand der einzelnen Linien des Papiers — am besten verwendet man Millimeterpapier — ist gleich der Schnittdicke × Vergrößerung. Vergleiche hierzu die Fig. 21—26.

Als »Grundlinien« wird man jetzt am besten Richtlinien benutzen, und je nach der verschiedenen Art dieser Orientierungszeichen ist die Anwendung des Verfahrens eine etwas verschiedene.

a) Verwendung ohne Richtzeichen.

Besitzt die Serie, welche zur Rekonstruktion verwendet werden soll, keine Richtlinien, so muß man nach His z. B. zur Rekonstruktion eines Medianschnitts durch einen Embryo eine Profilzeichnung, zur Herstellung eines Frontalschnitts eine senkrechte Linie (als Mediane) zur Orientierung benutzen. Im ersteren Fall trägt man die im Schnittbild abgemessenen Organpunkte (z. B. Schnittpunkte des Gehirns mit der Mittellinie) auf die der Lage des Schnittes betreffende Linie einer auf Millimeterpapier aufgeklebten Pause der Profilzeichnung ein. Bei dieser Rekonstruktion wird eine meist künstliche Medianebene gezeichnet, da dieselbe im Embryo selten ganz eben verläuft; s. u.

Digitized by Google

Zur Herstellung eines Frontalschnitts aus Querschnitten trägt man die rechts und links von der Medianebene abgelesenen Abstände der Organe ebenso seitlich von der vertikalen Linie auf. ROSENBERG und WOODWORTH umgehen das Zeichnen der Schnitte, indem sie diese Abstände im Schnitt direkt mit dem Okularmikrometer ablesen und in der gewählten Vergrößerung in die Zeichnung eintragen. WOODWORTH, der dies Verfahren für symmetrische Objekte empfahl (seitliche Abweichungen gehen dabei verloren), gebraucht Okularmikrometer mit besonders langer Skala und einem senkrecht zu dieser Teilung verlaufenden Strich.

FOL bedient sich zu dieser Messung besonders liniierter Glasplatten. Sein Verfahren, das in der ersten Auflage von LEE-MAYERS Grundzügen etwas klarer beschrieben ist, als im Original, ist folgendes. Notwendig ist — wie bei HIS' Methode — eine Profilzeichnung, die senkrecht zur Schnittrichtung steht; in diese sind, wie oben angegeben, die Zonen für die einzelnen Schnitte eingetragen; die Schnitte sind zu zeichnen. Eine mit Gelatine überzogene und getrocknete Glasplatte wird sodann mittels Anilintinten mit parallelen engen Linien in verschiedenen Farben, welche regelmäßig abwechseln, versehen und mit dem Diamanten senkrecht zu diesen Linien in zwei ungleiche Stücke zerschnitten. Das eine Stück wird auf die Profilzeichnung gelegt, so daß die Schnittlinie des Glases die Linie, welche dem ersten Schnitt entspricht, berührt, das andere Stück auf die Zeichnung des ersten Schnitts, mit dem Schnittrand auf der Linie, auf welche rekonstruiert werden soll, z. B. auf der Medianen. Und zwar müssen beide Glastafeln so liegen, daß die Grenzen der Zeichnung und die Endpunkte der Linie auf dem Profilbild derselben farbigen Glaslinie auf beiden Platten entsprechen. Dann kann man, sich nach den farbigen Linien richtend, leicht in der Profilzeichnung mit Punkten die Stellen der Umrisse der Organe, welche das Schnittbild angibt, eintragen. Ebenso verfährt man mit den folgenden Schnitten. Die korrespondierenden Punkte werden schließlich durch Striche verbunden und so ein Profilbild der inneren Organe gewonnen. LEE-MAYER rühmen der Methode wohl mit Recht große Einfachheit nach.

FRORIEP endlich benutzt bei seinen Konstruktionen (Sagittal- oder Frontalprojektionen) zur Orientierung der Schnittbilder nicht den Körperumriß, sondern eine beliebig gewählte Abszisse. Er zeichnet für Frontalprojektionen seine Sagittalschnitte auf Pauspapier und orientiert

Digitized by Google

sie auf den Blättern in richtiger Lage. Darauf bestimmt er in der Zeichnung des Medianschnitts durch eine Linie diejenige frontale Ebene, auf welche die Projektion erfolgen soll. Zu dieser Linie wird eine Senkrechte gezogen, und diese Geraden werden in richtiger Lage in alle Schnittpausen eingetragen. In der Projektion stehen parallele Linien entsprechend den einzelnen Schnitten in der gehörigen Entfernung voneinander; zu diesen wird ebenfalls eine Senkrechte gezogen. Im Schnittbild mißt man dann die Abstände der Senkrechten (ihres Schnittpunktes mit der Geraden) von den Schnittpunkten der Längslinie mit den Umrissen der Organe und trägt diese Maße auf der entsprechenden Linie der Projektion ein, auch hier vom Schnittpunkt der beiden Geraden ausgehend.

Um die stark gekrümmten Nackenwirbel von Säugerembryonen ohne Verkürzung in dieser Weise projizieren zu können, war Froriep gezwungen, für jeden Wirbel auf eine andere Frontalebene zu projizieren. Ist die Schnittrichtung nicht rein sagittal ausgefallen, so kann man leicht die Frontalprojektion nach einer künstlichen Medianen orientieren.

b) Anwendung bei Serien mit Richtzeichen.

Ungleich genauer läßt sich die projektive Konstruktion ausführen, wenn man die Serie mit Richtzeichen versehen hat. Kaschtschenko hat hierfür zwei Wege angegeben, man kann z. B. einen Sagittalschnitt mit und ohne Aufhebung der Achsendrehung eines Embryo rekonstruieren. Man vergleiche hierzu die Figuren 26 und 27, welche konstruierte Sagittalschnitte aus ein und derselben Querschnittsserie durch den Vorderkörper eines Eidechsenembryos darstellen, Fig. 26 ohne, Fig. 27 mit Aufhebung der Achsendrehung.

Das Resultat der Konstruktion ohne Aufhebung der Achsendrehung des Embryo (Fig. 26) ist das Bild eines Schnittes senkrecht zur Schnittebene, der die Form erhält, wie ihn das Mikrotom an dem Embryo selbst schneiden würde. Auf diese Weise ist es z. B.

Digitized by Google

bei gekrümmten Embryonen nicht möglich, einen reinen Medianschnitt zu konstruieren. Der Schnitt wird streckenweise die Medianebene darstellen — dies ist in Fig. 26 im Bereich der Linie *a—b* der Fall —, nach Maßgabe der Seitenkrümmung aber von derselben abweichen. Dies ist auch in Fig. 26, dem Mittelschnitt durch den nur sehr wenig gekrümmten Kopfteil eines Eidechsenembryos, kenntlich. Das Lumen des Rückenmarkes liegt nur eine Strecke weit im Schnitt, im kaudalen Teil ist nur dessen Wand, und auch nicht in ganzer Ausdehnung, getroffen; die Chorda ist nirgends, die Aorta (*A*) schräg angeschnitten, auch der Vorderkopf hat eine andere Gestalt als am reinen Medianschnitt Fig. 27.

Viel instruktiver als solche wahren sind künstliche Medianschnitte, welche die ganze Medianebene eines Embryos darstellen. Man erhält diese durch »Profilkonstruktion mit Aufhebung der Drehung der Medianebene«. Ein solcher Schnitt ist in Fig. 27 rekonstruiert worden. Das Lumen des Zentralnervensystems ist in ganzer Ausdehnung dargestellt, ebenso die Chorda, auch der Vorderkopf zeigt sich im reinen Medianschnitt.

Allerdings wird dem Objekt bei diesem Verfahren (wie auch bei Benutzung der Profilzeichnung als Richtzeichen, s. o.) Gewalt angetan, indem die meist gekrümmte Medianebene gewissermaßen gestreckt wird, eine Prozedur, die bei stark zusammengerollten Embryonen (z. B. von Schlangen) unmöglich gelingt.

Die Ausführung dieser beiden Formen der projektiven Konstruktion ist eine verschiedene. Sie wird hier an einem Beispiel erläutert: aus der Querschnittserie durch einen Eidechsenembryo soll ein Medianschnitt rekonstruiert werden.

Digitized by Google

I. Projektive Konstruktion ohne Aufhebung der Achsendrehung des Embryos.

Man wählt ein Schnittbild, in welchem die Medianlinie in die Rekonstruktion fallen soll (Fig. 21). Diese Medianlinie

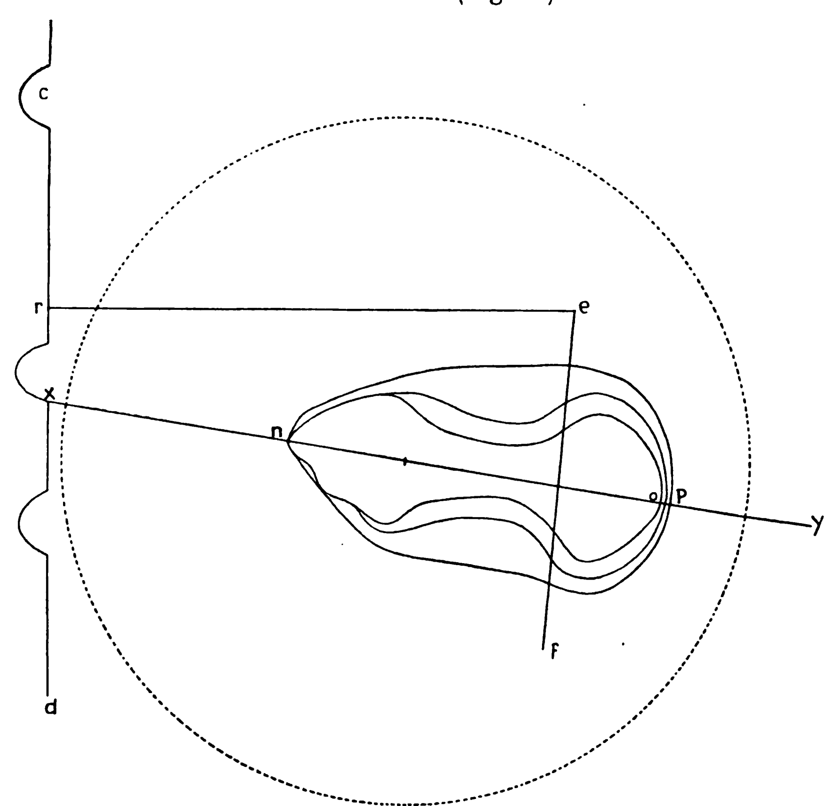


Fig. 21. Schnitt durch den Nacken eines Eidechsenembryos. *cd* Richtlinie. *xy* Linie, auf welche rekonstruiert werden soll, mit den Schnittpunkten der Organe *n*, *o* und *p*. *ef* frontale Linie zur Rekonstruktion einer Frontalansicht, *rc* Verbindungsstück derselben mit der Richtlinie.

Digitized by Google

wird verlängert, bis sie die Richtlinie *c—d* trifft (*x—y*). Dann markiere man auf den Definierlinien der anderen Zeichnungen diesen Schnittpunkt und ziehe in dem gleichen Winkel eine

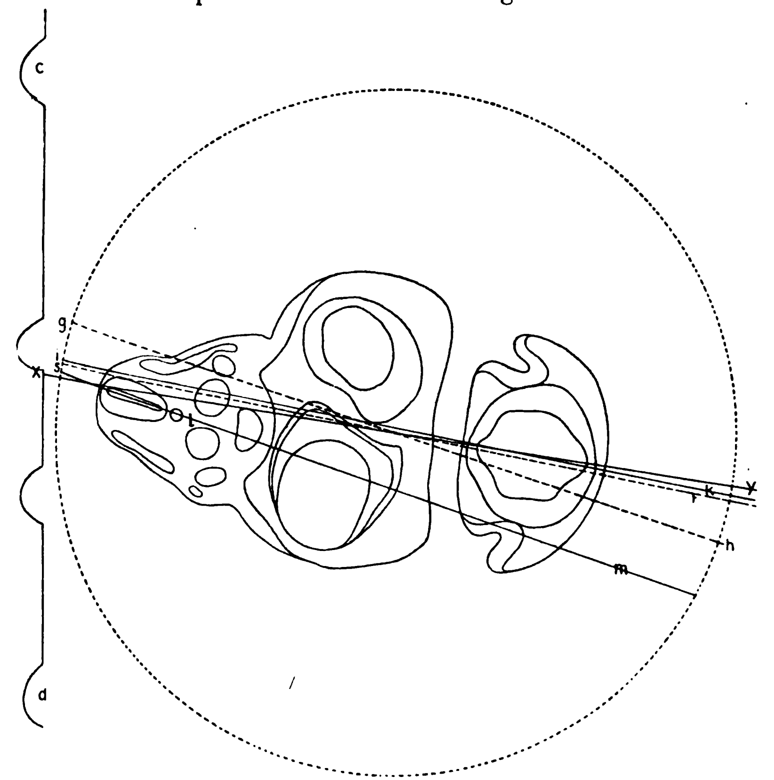


Fig. 22. Schnitt durch einen Eidechsenembryo. *c d*, *x y* wie in Fig. 21, letztere Linie etwas zu tief gezeichnet. *l m*, *s t* Medianlinien. *g h*, *i k* die ihnen parallelen Durchmesser des Kreises.

Gerade durch das Schnittbild, welche der Medianen der Fig. 21 entspricht, aber z. B. in Fig. 22 (*x y*) infolge der Drehung des Embryos die Mittellinie des Rückenmarkes nicht mehr trifft.

Digitized by Google

Diese Manipulation kann man sich dadurch erleichtern, daß man auf ein Blatt Pauspapier die Richtlinie $c\ d$ mit der Geraden $x\ y$ aufzeichnet (Fig. 23), diese Pause auf jedes Schnittbild legt, bis die Definierlinien sich genau decken, und durch zwei Nadelstiche die Richtung der Linie $x—y$ angibt, welche nun leicht in jede Zeichnung eingetragen werden kann.

Darauf stellt man sich die Grundlage der Projektionszeichnung nach dem HISschen Prinzip in Gestalt eines Liniensystems her, wie es Fig. 24 zeigt. In derselben bezeichnet die Senkrechte an der linken Seite die Richtlinie, die wagerechten

c
x
Y
d

Fig. 23. Pause zur Rekonstruktion eines Sagittalschnitts aus der Querschnittsserie.

Linien entsprechen den einzelnen Schnitten; da die Vergrößerung der Schnittbilder 50fach ist, die Serienschnitte 10 μ dick sind und jeder vierte Schnitt zur Rekonstruktion benutzt wurde, beträgt die Entfernung zweier Linien $50 \cdot 10 \cdot 4 = 2000\ \mu = 2$ mm; nur an beiden Enden ist jeder zweite Schnitt gezeichnet worden (die Figuren sind bei der Reproduktion um $^1/_{11}$ verkleinert worden).

In den Schnittbildern mißt man sodann die Abstände der Richtlinie cd von den Schnittpunkten n, o, p (Fig. 21) der

Digitized by Google

Linie xy mit den Konturen der Außenfläche und der Organe und trägt diese Maße auf die Wagerechten der Zeichnung (Fig. 24) ein, die erste Linie für den ersten Schnitt benutzend, die zweite für den zweiten usf. So entsteht die Fig. 24, in welcher die dicken Punkte diese Schnittpunkte darstellen. Die achte Linie von oben entspricht auf derselben dem Schnitt Fig. 21; vgl. die auf derselben angegebenen Punkte mit den durch *n*, *o*, *p* bezeichneten in Fig. 21.

Am bequemsten benutzt man bei dieser Rekonstruktion Millimeterpapier. Ich gehe dabei so vor, daß ich unter dasselbe einige Blätter weißes Papier lege und die markierten Punkte durch Nadelstiche auf diese Blätter übertrage; dann habe ich alles Material für die folgenden Prozeduren zur Hand.

Diese Punkte werden nun in entsprechender Weise miteinander verbunden, d. h. die Punkte, welche den Außenkontur des Gehirns darstellen, werden durch Gerade in Verbindung gesetzt, ebenso die des Innenkonturs usw. So resultiert die Fig. 25. Endlich kann man diese eckige Zeichnung noch abrunden und so einem wahren Schnitt ähnlicher machen, wie es in Fig. 26 geschehen ist.

In gleicher Weise lassen sich Frontalansichten, auch schräge Durchschnitte anfertigen. Vorteilhaft ist hierfür das Beschneiden der Objekte ringsherum nach KASCHTSCHENKO, damit die verlängerte Schnittlinie der Zeichnung stets auf eine Richtlinie trifft; doch ist es ebenso einfach und exakt, auf die gewöhnliche Definierlinie eine Senkrechte zu fällen, welche von jener Geraden geschnitten wird. Dies ist ebenfalls in Fig. 21 zu sehen. Hier soll auf die frontale Linie ef rekonstruiert werden, und zu diesem Zweck ist die Gerade re gezogen worden, welche diese mit der Richtlinie cd verbindet. Die Pause (Fig. 23) müßte in diesem Falle die Linien cd, re und ef tragen.

Digitized by Google

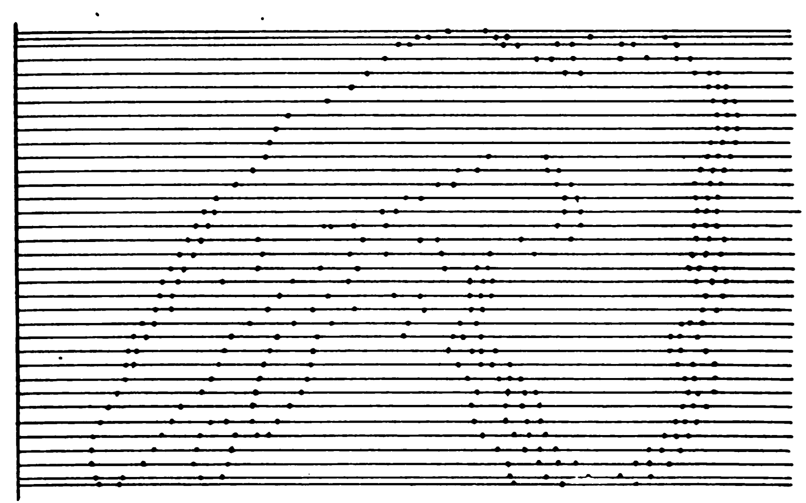


Fig. 24. Rekonstruktion eines Mittelschnitts aus einer Querschnittsserie durch einen Eidechsenembryo. Links die Richtlinie. Die Punkte geben die Lage der Schnittpunkte der Organkonturen mit den Linien $x\,y$ (Fig. 23) an.

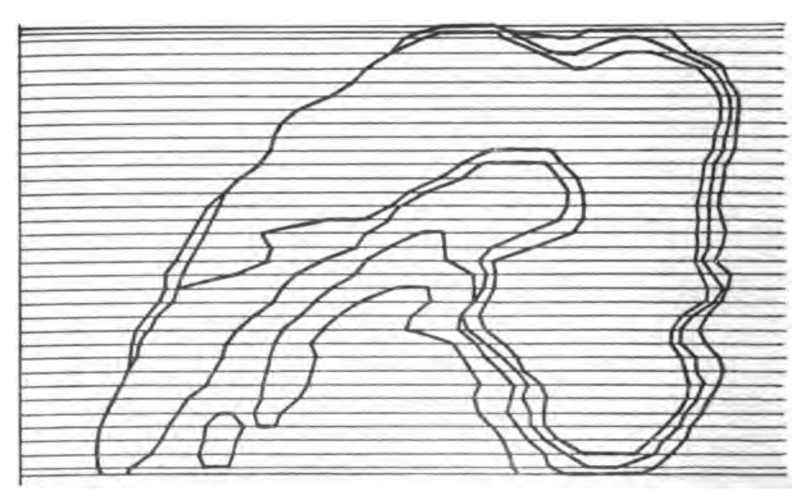


Fig. 25. Rekonstruktion eines Mittelschnitts aus einer Querschnittsserie. Die Punkte in Fig. 24 sind durch Gerade verbunden worden.

Digitized by Google

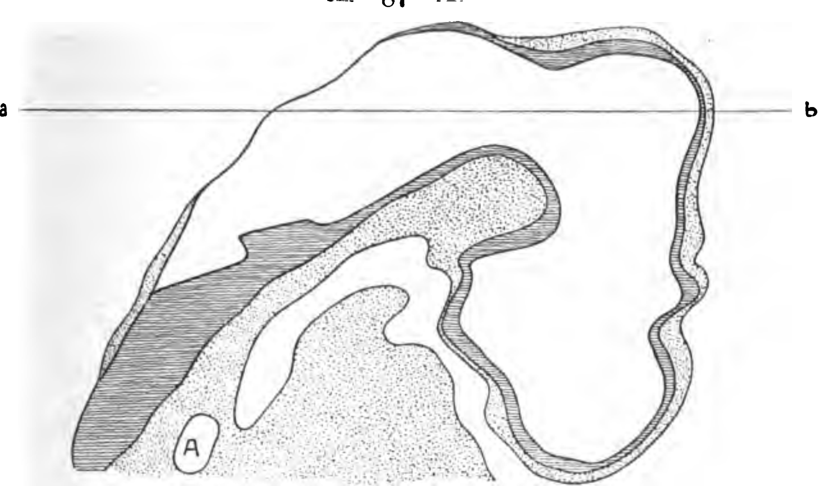


Fig. 26. **Mittelschnitt durch den Vorderkörper eines Eidechsenembryos, nach His' Verfahren ohne Aufhebung der Achsendrehung des Embryos hergestellt. In *ab* ist die Medianebene getroffen. *A* Aorta. Gestrichelt: Wand des Zentralnervensystems. Punktiert: Mesenchym und Herz.**

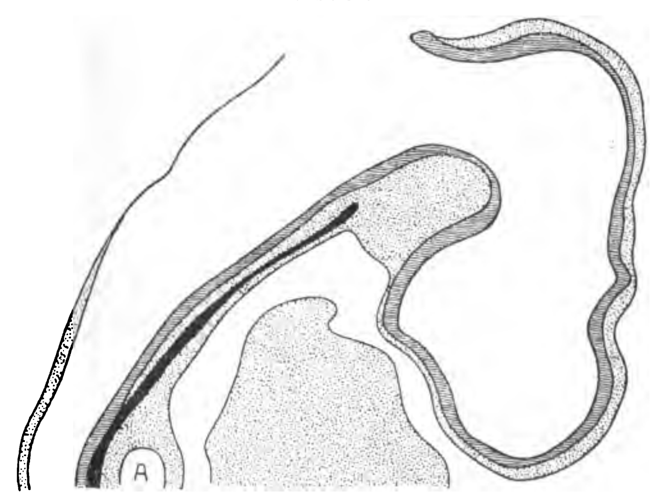


Fig. 27. **Medianschnitt durch den Vorderkörper desselben Eidechsenembryos, nach His' Verfahren mit Aufhebung der Achsendrehung des Embryos hergestellt. Schwarz: Chorda, sonst wie Fig. 26.**

Digitized by Google

II. Projektive Konstruktion mit Aufhebung der Achsendrehung des Embryos.

Für einfache Fälle genügt es hier, die Medianlinie eines jeden Schnittbildes bis zur Richtlinie fortzuführen und weiterhin in derselben Weise zu verfahren, wie oben beschrieben wurde.

Zwecks einer genaueren Rekonstruktion muß man aber ein komplizierteres Verfahren einschlagen, welches KASCHTSCHENKO angab, und das bei der Herstellung von Fig. 27 in Anwendung gekommen ist. Man schlage um jede Querschnittszeichnung einen Kreis mit gleichem Radius, welcher zu der Richtlinie stets gleich orientiert ist (Fig. 21, 22). Auch hierzu kann man sich einer Pause bedienen, in welcher Richtlinie und Zentrum des Kreises angegeben sind. Die Projektionszeichnung erhält statt einer Vertikalen praktischerweise deren zwei im Abstand des Durchmessers dieser Kreise. Darauf zieht man in den Schnittbildern die Medianlinie bis zur Peripherie des Kreises. Fällt dieselbe mit einem Durchmesser des Kreises zusammen (Fig. 21), so kann man direkt die Entfernung der Organschnittpunkte vom Umfang des Kreises in die Zeichnung eintragen. Meist ist dies aber nicht der Fall (Fig. 22, *lm*), dann muß man einen dieser Mittellinie parallelen Diameter ziehen (Fig. 22, *gh*) und auf diesen diese Schnittpunkte projizieren. Ist der Embryo gebogen, so ist man gezwungen, zwei Medianlinien für die einzelnen Schnittstücke zu ziehen (Fig. 22, *ik*, *lm*), und dementsprechend auch auf zwei verschiedene Durchmesser (*st*, *gh*) zu projizieren.

Des weiteren verfahre man in der unter 1 beschriebenen Weise. Man erhält auf diesem Wege also einen reinen Medianschnitt, wie ihn Fig. 27 zeigt.

Digitized by Google

Plastische Zeichnungen lassen sich nur schwierig mittels der projektiven Konstruktion anfertigen. Einmal kann man mit His und Krieger, welch letzterer dieses Verfahren unabhängig von His erfand, den ganzen Querschnitt oder Teile desselben auf die Linie der Projektionszeichnung projizieren, nicht nur die Grenzpunkte von Organen, welche von einer Linie getroffen werden. Nach Verbindung der einzelnen Punkte kann man durch Schattierung eine plastische Flächenansicht erhalten (z. B. bei Projektion auf die Medianebene die halben Oberflächen von Organen).

Weiterhin ist es möglich, nach Rekonstruktion von mehreren parallelen Ebenen diese Konstruktionsbilder aufeinander zu legen und in der Weise wie es bei Kaschtschenkos graphischer Isolierung auseinandergesetzt worden ist, diese Kurvenbilder zu einer plastischen Ansicht zu vereinigen.

Strasser hat endlich ein allerdings etwas mühseliges Verfahren beschrieben, durch welches man direkt bei projektiver Konstruktion Niveaulinienbilder nach Art der graphischen Isolierung erhalten kann. Man zieht in den Schnittbildern parallel der Linie, auf welche die Projektion erfolgen soll (z. B. der Medianlinie in Querschnitten), in Abständen, welche auf allen Schnittbildern gleich sein sollen, parallele Gerade (sagittal), und trägt die Schnittpunkte derselben mit dem Oberflächenkontur (oder den Umrissen von Organen) ebenfalls auf der dem Schnitt entsprechenden Linie der Projektionszeichnung ein. In derselben verbindet man dann die Projektionen der Punkte, welche gleichen Sagittallinien angehören, und erhält eine allerdings aus gebrochenen Linien bestehende Zeichnung. So gelingt es z. B. Sagittal- und Frontalansichten von Organen auch aus Querschnittserien zu erhalten.

Digitized by Google

C. Webers Methode der graphischen Darstellung von Dickenverhältnisse embryonaler Organe.

Um die Dickenverhältnisse der Wände embryonaler Organe, besonders von Lamellen und Häuten, zu studieren, hat WEBER eine Methode publiziert, welche für diesen Zweck sehr empfohlen werden kann, da eine exakte Darstellung dünner Membranen oder geringfügiger Dickenunterschiede mittels der Plattenmodelliermethode kaum gelingt. Die Methode besteht darin, daß man die Lamelle, deren Dicke man darstellen will, ausgebreitet auf eine Ebene projiziert und die Punkte gleicher Dicke durch Linien verbindet.

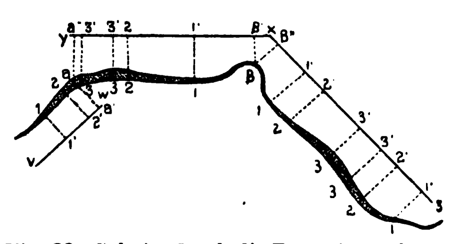


Fig. 28. Schnitt durch die Darmrinne eines Entenembryos ca. 90 mal vergrößert. Die Zahlen 1, 2, 3 zeigen die Stellen an, an welchen das Epithel eine Dicke von 1, 2, 3 halben Millimetern hat. vw, xy, xz Projektionslinien. α', α'', β', β'' Projektion der Scheitel der Winkel α, β der Darmrinne. 1′, 2′, 3′ Projektion der Mitte der Linien 1, 2, 3 (nach WEBER).

Die Schnitte werden bei möglichst hoher Vergrößerung (200 bis 400 fach) gezeichnet. Fig. 28 stelle z. B. einen Schnitt durch die Darmrinne eines Entenembryos dar. Parallel der mittleren Richtung der zu studierenden Wände werden die Projektionslinien eingetragen (vw, xy, xz), die in den einzelnen Schnitten verschieden verlaufen, je nach der Gestalt des Organs. Darauf werden die Scheitel der Winkel α und β auf die Geraden projiziert (α', α'', β', β'') und mit einem in halbe Millimeter geteilten Stab die Dicke der Wand gemessen.

Digitized by Google

Trifft man auf eine Stelle, die an Dicke einer ganzen oder halben Zahl von Millimetern entspricht, so wird daselbst eine Linie quer durch die Lamelle gezogen und die Mitte dieser Linie mit Angabe der Dicke auf die Projektionsgerade projiziert, wie in Fig. 28 geschehen ist (1′, 2′, 3′). In dieser

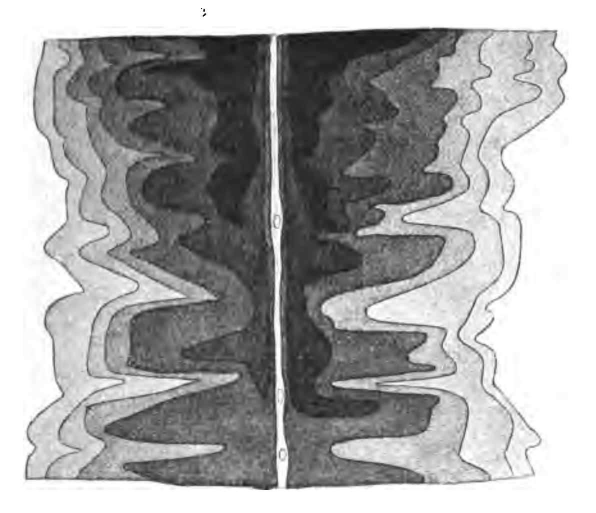


Fig. 29. Graphische Rekonstruktion der Dickenverhältnisse eines mittleren Teiles der Medullarplatte eines Entenembryos. Vergr. 60 fach (nach Weber).

Weise verfährt man mit allen Schnitten. Hierauf werden die Befunde auf quadriertes Papier eingetragen, in ähnlicher Weise wie beim HISschen Verfahren, indem seitlich von der als gerade angenommenen Mittellinie die gefundenen Punkte in richtiger Entfernung von der Medianen mit Dickenangabe aufgezeichnet werden und zwischen je zwei Schnitten ein der Schnittdicke und Vergrößerung entsprechender Abstand bleibt (Schnittdicke mal Vergrößerung, s. oben). Die Punkte gleicher Dicke werden verbunden, und man kann die Zonen

Digitized by Google

gleicher Dicke durch besondere Farbe hervorheben (s. Fig. 29). Das so erhaltene Bild entspricht in vergrößertem Maßstabe der ausgebreiteten Membran, wie sie im durchfallenden Licht erscheinen würde. Auch die Konturen benachbarter Organe, Kernteilungen usw. lassen sich eintragen.

Die Methode ist mit oder ohne Definierebene anzuwenden. Im letzteren Falle nimmt man die Mittellinie oder Organkonturen als Richtzeichen. Das Verfahren verlangt genau quer verlaufende Schnittrichtung — bei Schrägschnitten erhält man falsche Dickenverhältnisse. Auch Ausbuchtungen von Organen eignen sich nicht zur Rekonstruktion auf diesem Wege, die schon infolge der Faltungen der Wände etwas ungenau wird. Dagegen ist die Methode zum Studium von glatten Lamellen besonders während der ersten Entwicklung sehr nützlich.

---

2. Diagramme.

Kaschtschenkos graphische Isolierung liefert eine plastische Zeichnung und vermittelt durch diese eine körperliche Vorstellung von dem Objekt aus den Schnitten. Strasser gab hierfür noch einen anderen Weg an. Man kann die einzelnen Schnitte selbst genau orientiert an dem Auge des Beschauers vorüberführen, so daß die sich verändernden Konturen einen plastischen Eindruck des Gegenstandes hervorrufen. Strasser empfahl warm die Herstellung von Diagrammen, da ein solches viel mehr »Grenzflächen«, also weit kompliziertere Verhältnisse wiedergeben könne als ein Plattenmodell. Da Diagramme aber nicht ein mit Auge und Hand verfolgbares körperliches Modell liefern, so sind sie nur selten in Anwendung gekommen.

Digitized by Google

Plattendiagramme.

Ein Plattendiagramm erhält man, wenn man die einzelnen Schnittbilder im richtigen Abstand hintereinander aufreiht. STRASSER spannt dieselben auf Fäden; der Minimalabstand entspricht der Schnittdicke, kann aber durch Entfernen der einzelnen Blätter beliebig vergrößert werden; bei diesem Auseinanderziehen des Modells treten die inneren Teile des Schnittes zutage.

Als Material verwendet STRASSER durchsichtige oder undurchsichtige Platten, im ersten Fall Glas und transparente Wachspapierplatten, im letzten Karton oder dickere Wachspapiertafeln.

VOSMAER zeichnet die Schnitte mit lithographischer Kreide auf »beiderseitspoliertes transparentes Zelluloid« (der deutschen Zelluloidfabrik Leipzig-Eilenburg), von 0,5 mm Dicke, welches sich leicht mit der Schere in die gewünschte Form schneiden läßt. Diese Platten schiebt er hintereinander in ein Metallgestell mit offenen Wänden; in durchfallendem Licht oder schräg von oben gesehen erhält man dann ein plastisches Bild.

HIS macht dem Zelluloid den Vorwurf, daß es nicht durchsichtig genug sei und sich werfe, und empfiehlt als Material für Diagramme Glas.

Die einzige Form, in welcher die Diagramme verwertbar sind, stellen die HISschen Glasmodelle dar.

His' Glasmodelle.

HIS und sein Schüler DIXON haben diese Methode beim Studium der Gehirn- und Nervenentwicklung angewandt. Die Schnitte werden auf Glasplatten aufgezeichnet, deren Stärke der Vergrößerung und Schnittdicke entspricht. Früher wurden die Glastafeln gefirnißt; da diese Lackschicht sich aber mit der Zeit trübt, so zeichnet HIS neuerdings (1904) mit der Glastinte Pelikan von Günther & Wagner, Hannover, direkt auf die unpräparierte Glasplatte. DIXON empfiehlt, die Konturen auf den Platten nur zu punktieren, damit das Modell

Digitized by Google

nicht zu undurchsichtig wird. Auch kann man die Zeichnungen auf die Glastafeln ätzen. Sie müssen natürlich richtig orientiert auf den Glasplatten angebracht werden.

Ein aus so bemalten und aufeinandergeschichteten Glasplatten bestehendes »Modell« zeigt die äußeren Konturen eines Organs zugleich mit im Innern befindlichen Details, z. B. das Gehirn mit seinen Faserzügen, Nervenkernen usw.

Besondere Verwendung der Diagramme.

STRASSER erhält von seinen Diagrammen vermittels eines Spiegelapparates Front- und Schrägansichten des Präparates, indem derselbe gestattet, »Schnittbild für Schnittbild stets von demselben Standpunkt der Betrachtung aus auf derselben Bildfläche zu zeichnen und sich so Schnittkurvenbilder von jeder beliebigen inneren oder äußeren Grenzfläche des Objektes zu verschaffen«.

Derselbe Forscher und nach ihm JUSTESEN beschreiben auch eine stroboskopische Betrachtung eines Diagramms, indem die biegsamen Schnittbilder zu einem Album vereinigt werden; beim Durchblättern dieses Buches erhält man einen Einblick in die Konturveränderungen des gezeichneten Objekts und so eine allerdings sehr unvollkommene Vorstellung von seiner Plastik. STRASSER hält die Zeichnungen durch Zwischenscheiben im Minimalabstand, JUSTESEN heftet sie direkt aufeinander. Letzterer wandte sie bei seinen Untersuchungen über die Entwicklung des Bronchialbaums an, nachdem ihm die Plattenmodelliermethode keine genügenden Resultate gegeben hatte. Auch die Abgangswinkel der Bronchien berechnete er aus diesen Diagrammen.

---

3. Plastische Rekonstruktionsmethoden.

In diesem Kapitel soll erst kurz HIS' freie Modellierung und dann ausführlich BORNS Plattenmodelliermethode besprochen werden; zum Schluß wird SELENKAS Verfahren erwähnt.

Digitized by Google

A. Freie Modellierung nach His.

Dieses älteste der plastischen Rekonstruktionsverfahren ist von His schon bei seinen ersten umfänglichen embryologischen Studien angewandt und von ihm öfters beschrieben und warm empfohlen worden. Als Grundlage dienen ihm Lupenzeichnungen und Profilkonstruktionen. Nach einer solchen genauen Durcharbeitung des Embryo ging His daran, denselben aus Wachs oder Ton frei zu modellieren. Mit dem Tasterzirkel konnte er die Entfernung von markanten Punkten an dem Modell angeben, deren Distanz durch Abmessen des Schnitts unter Berücksichtigung der Schnittdicke berechnet wurde, und konnte so die Exaktheit des Modells prüfen und verbessern. Modellierton soll (Fol) so lange feucht gehalten werden, bis die Arbeit fertig ist. Ein solches Modell kann gebrannt und so dauerhafter gemacht werden.

Diese Methode dient hauptsächlich dem eigenen Durcharbeiten des Objekts, indem sie ein außerordentlich genaues Eingehen in dessen Bau verlangt. In der Hand ihres Erfinders hat sie auch die allbekannten Modellserien der Entwicklung von Hühnchen und Mensch geliefert, hat aber keine Nachahmung gefunden. Sie erfordert eine besonders hohe technische Begabung und schließt beträchtliche Fehlerquellen ein, da immer nur einzelne Punkte der Schnittkonturen gegeben sind. Somit ist sie zugunsten der Plattenmodelliermethode verlassen worden.

B. Die Plattenmodelliermethode.

Das Prinzip dieser Methode ist am besten mit Borns eigenen Worten zu erklären:

Digitized by Google

»Aus jedem Schnitte einer gleichmäßigen Serie werden die Teile, die man plastisch rekonstruieren will, in einer bestimmten Vergrößerung auf Platten gezeichnet, die ebensovielmal dicker als die Schnitte der Serie sind, wie die Flächenvergrößerung beträgt. Die interessierenden Teile werden dann aus den Platten herausgeschnitten und die Ausschnitte der Reihenfolge nach aufeinander geklebt. Geschieht dies in richtiger Weise — ohne seitliche Verschiebungen —, so muß, nachdem die Stufen zwischen den Rändern der Platten geglättet sind, ein in allen drei Dimensionen richtig vergrößertes plastisches Abbild des durch die Schnittserie zerlegten Objektes herauskommen.«

Es sei dies an unserem Beispiel erläutert. Es soll von einem Eidechsenembryo das Gehirn bei 100facher Vergrößerung rekonstruiert werden. Der Embryo ist in Schnitte von 10 μ Dicke zerlegt worden. Das Gehirn ist auf 132 Schnitten getroffen, ist also in dieser Ausdehnung 1320 μ lang. Man zeichnet Gehirn und Richtlinie bei 100facher Vergrößerung auf Platten von einer Stärke, welche gleich Schnittdicke mal Vergrößerung ist, also von $10 \times 100\ \mu = 1{,}0$ mm Dicke. Die gezeichneten Teile des Gehirns werden herausgeschnitten und aufeinandergesetzt. So resultiert ein Modell, das 132×1 mm $= 132$ mm hoch ist, also auch in dieser Dimension hundertmal größer als das Gehirn des Embryos selbst. Dieses Beispiel liegt den Abbildungen 33—37 zugrunde.

Man erhält somit ein beliebig vergrößertes plastisches Modell des Objekts, das von allen Seiten angesehen und betastet werden kann. Auch kann man es zerschneiden, öffnen, wie das Objekt selbst »präparieren« und gewinnt leicht Einblick in die verwickeltsten Verhältnisse. Vor der HISschen freien Modellierung hat diese Methode voraus, daß das Modell

Digitized by Google

auf völlig objektivem Wege mit möglichstem Ausschluß aller subjektiven Zutaten hergestellt wird, einem Wege, der schon dem Anfänger leicht Erfolge bietet. Auch hat BORNS Verfahren den Vorteil, daß durch die Schnittbilder ganze Konturen gegeben, beim freien Modellieren dagegen nur einzelne Punkte fest bestimmt sind. Vorbedingung ist hier, wie bei allen Rekonstruktionen, eine absolut tadellose Serie mit Richtlinien.

a. Zeichnen der Schnitte.

Über das Zeichnen der Schnitte ist dem früher Gesagten wenig hinzuzufügen. Früher zeichnete man direkt auf Wachsplatten oder Wachspapierplatten, jetzt fertigt man wohl stets die Zeichnungen auf Papier an, welches beim Walzen der Platten diesen einverleibt wird. Man benutzt am besten schlechtes ungeleimtes Zeitungspapier, auch Florpapier, welche sich beide mit Terpentin gut durchtränken. Für die POHLMANsche Tafel bezieht das anatomische Institut zu Freiburg i. B. die Papierrollen von der Papierfabrik Rottweiler, Freiburg, Friedrichstraße. Zum Zeichnen bediene man sich weicher Bleistifte oder, wenn man eine Kopie herzustellen wünscht, Kopierstifte. Auf Wachsplatten überträgt man die Organkonturen mittels Pauspapiers.

Ändern sich die Konturen der interessierenden Organe nur sehr allmählich, so braucht man nicht jeden Schnitt zu zeichnen und zu modellieren; man zeichne nur jeden zweiten oder dritten; natürlich muß die betreffende Platte später zwei- resp. dreimal so dick hergestellt werden. Dasselbe gilt für ausgefallene Schnitte, für welche man auch einen Nachbarschnitt doppelt zeichnen kann. All dies vermerke man auf der Zeichnung, wie auch eventuelle Unregelmäßigkeiten in

Digitized by Google

den Schnitten selbst. Doch sei man nicht zu sparsam mit den Zeichnungen, da zu hohe Platten zu große Stufen im Modell bedingen, deren Ausgleichen Schwierigkeiten bieten kann (s. S. 118).

b. Wahl der Vergrößerung.

Die Vergrößerung des Modells richtet sich natürlich nach dem zu modellierenden Objekt. Im allgemeinen nehme man die Vergrößerung so hoch wie möglich, da das Modell an Deutlichkeit dadurch nur gewinnen kann. Zumal bei Objekten mit feinen Spalten (Schlundspalten) ist eine starke Vergrößerung angezeigt, da enge Hohlräume beim Modellieren kaum darzustellen sind; man wird hier oft gezwungen sein, statt der freien die basale Epithelgrenze zu zeichnen, um durch Weglassen des Epithels die Spalten etwas zu erweitern. Ich pflege meine Serien 10 oder 15 μ dick zu schneiden und modelliere bei 50, 80, 100 oder 150facher Vergrößerung.

Doch beachte man, daß Platten von 2,5 mm und mehr Stärke sich schlecht walzen und ausschneiden lassen, und nehme auch die Länge und Breite der Platten nicht allzu groß. Besonders eine weit abliegende Richtlinie kann die Ausdehnung der Platte unliebsam vergrößern. Doch läßt sich letzterem durch einen kleinen Kunstgriff abhelfen: man kann mittels paralleler, an beiden Kanten mit gleicher Maßeinteilung versehener Lineale die Richtlinie dem Objekt in der Zeichnung beliebig näher bringen. Man achte nur darauf, daß die Eckpunkte der Zacken nicht seitlich verschoben werden. Natürlich kann man in gleicher Weise eine dem zu modellierenden Teil zu nahe gelegene Definierlinie weiter entfernen.

Digitized by Google

c. Die Platten.

I. Material der Platten.

Als Material für die Modelle hat sich allein das gelbe Wachs bewährt. Zwei Nachteile haften diesem allerdings an: der hohe Preis (das Kilo kostet 3,20 bis 3,50 Mark) und die Undurchsichtigkeit, und besonders ein transparenteres Material wäre für viele Fälle sehr erwünscht. Doch ist das Wachs durch seine Schmelzbarkeit, Schneidbarkeit u. a. besonders geeignet, zum Modellieren verwandt zu werden.

Ich benutze das Wachs, wie es wohl meist geschieht, rein. BORN setzte demselben früher für gegossene Platten etwas Terpentin, STRASSER Kolophonium und Terpentin zu. BARDEEN gießt seine Platten aus einer Mischung von 950 Wachs, 50 weißem Harz (white rosin), dem er im Sommer zur Erhöhung der Festigkeit etwas Paraffin zusetzt. POHLMAN empfiehlt Wachs 3 Teile, Paraffinrückstände (waste paraffin) 1 Teil und genug Harz, um die Platte zäh zu machen.

Mit anderem Material als Wachs hat besonders HIS Versuche angestellt. Sein erstes Material bildete Bleiblech, Leder und Korkplatten, später empfahl er Holzpappe, bei welcher nur das Aussägen der Schnitte sehr zeitraubend war.

Zum Studium des Gehirns verwandte er Zinkblech in folgender Weise. Er zeichnete die Schnitte einer Gehirnhälfte auf dünnes Blech, schnitt sie aus und versah sie mit einem umgebogenen Rande. Auf ein Brettchen zeichnete er das mediane Profil des Gehirns, nagelte die Schnitte in richtigem Abstande auf und verstrich die Zwischenräume mit Ton.

Pappe hat auch SELENKA zu seinem S. 127 beschriebenen Vorfahren benutzt; BROMAN hat seine Modelle der Gehörknöchelchen aus Kartonplatten gefertigt, die er mit Gummi arabicum zusammenklebte. Die Treppen füllte er mit Wachs aus, wodurch das Modell — dies trifft für alle starren Materialien zu — etwas zu groß wurde, s. S. 119.


Digitized by Google

Endlich versuchte STRASSER Modelle aufzubauen aus Platten, welche aus einer Masse von Traganthgummi, Zucker und Weizenmehl bestanden; doch ziehen sich die Platten beim Trocknen zusammen. FOL hat mit Erfolg Transparentseife angewandt.

II. Herstellen der Platten.

Zum Herstellen der Wachsplatten sind zwei Methoden angewandt worden: entweder das Gießen auf heißem Wasser, welches reine Wachstafeln liefert, oder das Walzen, bei welchem dem Wachs Papier einverleibt werden kann.

α) Gießen der Wachsplatten.

Anfangs goß BORN seine Wachsplatten auf heißem Wasser, und da das Verfahren in Ermangelung des STRASSERschen Walzinstrumentarium noch heute angewandt werden kann, so sei es hier beschrieben.

Man benutzt (am besten mehrere) flache rechteckige Blechgefäße mit senkrechten Wänden. Die Bodenfläche der Gefäße wird gemessen und aus diesen Maßen und dem spezifischen Gewichte des Wachses (0,96—0,97, bei Zusatz von etwas Terpentin 0,95) die Masse des einzugießenden Wachses zur Herstellung einer Platte von bestimmter Dicke berechnet.

Beispiel von BORN: der Flächeninhalt der Platte, bzw. des Bodens des Gefäßes, beträgt 62100 qmm, das Volumen desselben bei 2 mm Dicke 124,2 ccm, das Gewicht also 118 g.

BARDEEN findet dieses Gewicht durch Probieren und benutzt Gefäße, welche von 1 kg Wachs eine 1 mm dicke Tafel liefern.

Darauf wird kochendes Wasser in die Pfanne gegossen und das Wachs auf 70° erhitzt und vorsichtig eingefüllt, so daß es sich auf der Oberfläche des Wassers in gleichmäßiger

Digitized by Google

Schicht ausbreitet. Noch vor völligem Erstarren muß die Platte von den Wänden des Gefäßes losgeschnitten werden, da sie sonst in der Mitte reißt, dann wird sie herausgenommen, beschnitten und völlig erstarren lassen. Ihre Ränder sind etwas dicker, da sich das Wachs an den Blechwänden stärker anhäuft, die Platten selbst also etwas zu dünn; doch wird dieser Fehler durch die kleinen Zwischenräume, die sich beim Aufeinanderschichten der Platten bilden, ausgeglichen.

So gelingen leicht Platten von $1-2^1/_2$ mm Dicke, auf welche direkt oder mit Hilfe von Blaupapier gezeichnet werden kann. Doch ist das Material sehr zerbrechlich, in der Wärme sehr biegsam, kurz von geringer Festigkeit, sowie die Herstellung der Platten etwas umständlich, so daß jetzt fast ausschließlich STRASSERS Methode des Auswalzens in Gebrauch ist.

β) Walzen der Wachspapierplatten.

STRASSER gebührt das Verdienst, zwei wichtige Verbesserungen beim Herstellen der Platten eingeführt zu haben: einmal empfahl er, die Platten mit einer Walze auf einem Lithographierstein auszuwalzen und dann, den Wachstafeln Papier einzuverleiben, wodurch die Platten an Festigkeit und Geschmeidigkeit gewannen und die Zeichnung direkt in die Wachstafel eingefügt werden konnte. Seine hier beschriebene Methode ist die jetzt allgemein gebräuchliche; seit BORNS letzter Beschreibung derselben im Jahre 1888 hat sich nichts Wesentliches verändert. Wohl aber bedurfte es vieler Mühe und Arbeit, das Verfahren so zu vervollkommnen und vereinfachen, wie es jetzt vorliegt.

STRASSER beschreibt ausführlich seine diesbezüglichen Versuche Erst versuchte er, Schnittbilder auf die gegossenen Wachsplatten auf-

Digitized by Google

zukleben, verfiel aber sehr bald auf den Gedanken, die Wachstafeln mit oder ohne Papiereinlage zu walzen. Sein Vorschlag, mit kalter Walze einen Teig von 80% gelbem Wachs und 20% Terpentinöl mit Zusatz von einigen Prozent flüssigem Kanadabalsam, der in lauem Wasser knetbar gemacht worden ist, zwischen wachsdurchtränktem Pauspapier zu walzen, ist nicht wieder aufgenommen worden; dagegen hat sich das Verfahren des Walzens mit heißer Walze mit Einverleiben von 1, 2 oder mehr Papierplatten in das Wachs als außerordentlich praktisch erwiesen. Auch hierfür gibt STRASSER verschiedene Vorschläge, die erst nach der Beschreibung der jetzt üblichen Prozedur kurz erwähnt werden mögen

Die Platten werden mittels einer erhitzten eisernen Walze auf einem Lithographierstein zwischen Metallstreifen von bestimmter Dicke gewalzt. Das Instrumentarium ist in Fig. 30 dargestellt. Zu demselben gehört folgendes:

1. Ein großer glatter ausrangierter Lithographierstein, wie er bei jedem Lithographen für wenige Mark zu haben ist. Mit einem 52 bzw. 43 cm messenden Stein bin ich für alle Fälle ausgekommen.

2. Eine eiserne Walze (Fig. 31), sehr genau gedreht, von 4 cm Durchmesser und 30–40 cm Länge, deren Achse sich jederseits in den umgebogenen Enden eines eisernen Bügels dreht, der 1 cm von der Walze entfernt läuft. An den Enden des Bügels befinden sich die hölzernen Handgriffe. Derartige Walzen fertigt Mechaniker KLEINERT, Breslau, Breitestraße, zum Preise von 15 Mark (bei 30 cm Länge) und 16 Mark (bei 40 cm Länge).

3. Eine Reihe von Messingstreifenpaaren, ebenfalls bei Mechaniker KLEINERT für 1,75 Mark das Paar zu erhalten. Die Streifen sind 50 cm lang, 1,5 cm breit (diese Maße sind natürlich beliebig) und von verschiedener Dicke. Letztere gibt die Höhe der zu walzenden Platte an. Ein Satz von

Digitized by Google

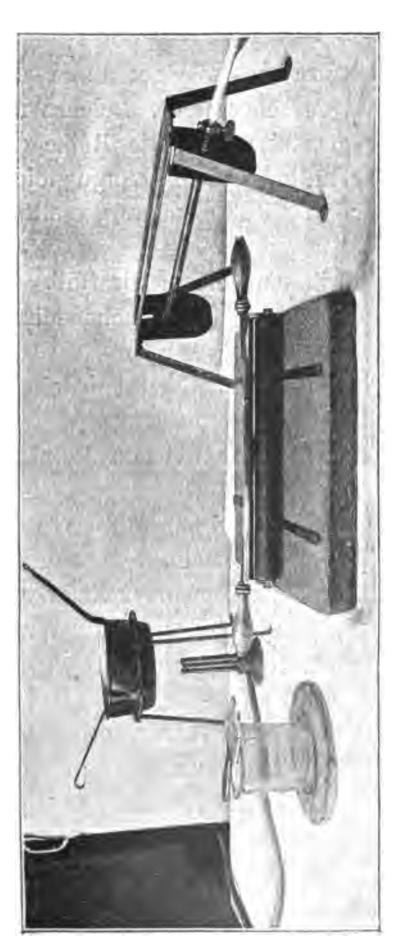


Fig. 30. Instrumentarium zum Plattenwalzen. In der Mitte der Lithographiestein mit dem Messingstreifen und der Walze. Links ein Tiegel mit Wachs, davor ein Glas mit Terpentinöl und Borstenpinsel. Rechts Apparat zum Anwärmen der Walze.

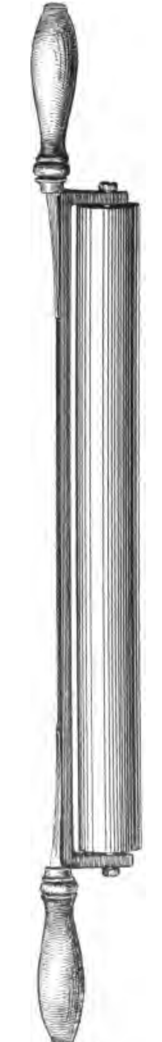


Fig. 31. Walze zum Plattenwalzen.

Digitized by Google

0,5—0,6—0,8—1,0—1,2—1,5—1,6—1,75—2,0—2,25 mm wird bei den üblichen Schnittdicken und den gebräuchlichsten Vergrößerungen ausreichen.

4. Ein Gestell zum Erhitzen der Walze; unter der Walze läuft ein mit Löchern versehenes Rohr, welches mit der Gasleitung in Verbindung gesetzt wird. Die Reihe der Gasflämmchen erhitzt die Walze in ihrer ganzen Länge gleichmäßig. Zur Not genügt hierfür ein Dreifuß mit untergestelltem Bunsenbrenner.

5. Ein Tiegel mit einer Kelle auf einem Dreifuß. In demselben wird durch eine Gasflamme das Wachs flüssig gehalten.

6. Ein Glasgefäß mit einem breiten Borstenpinsel für Terpentin und endlich

7. Ein breiter Horn- oder Holzspatel zum Reinigen des Steines.

Die Anordnung des Instrumentarium zeigt Fig. 30. In der Mitte des Tisches liegt der Lithographierstein, rechts davon steht der Tiegel mit Wachs, neben demselben oder links vom Stein das Gefäß mit Terpentinöl. Der Ständer für die Walze ist am besten hinter den Stein zu stellen. Links liegen auf dem Tisch oder auf einem nebenstehenden Stuhle die Blätter mit den Zeichnungen. Dieselben müssen vorher zurecht geschnitten werden, damit die Platten nicht unnötig groß ausfallen; man läßt außerhalb der Zeichnung selbst und der Richtlinie etwa 1—2 Finger breit Raum. Ebenso groß schneide man sich die gleiche Anzahl Blätter von Florpapier (Seidenpapier).

Vor dem Gebrauch muß der Lithographierstein angewärmt werden, indem man mit einer Bunsenflamme darüber hinfährt, oder ihn vor einen Ofen stellt, oder ihn mit Papier bedeckt

Digitized by Google

und sehr heißes Wachs darauf gießt, da die ersten Platten auf kaltem Stein springen und mißraten. Es ist dies eine kleine Unbequemlichkeit, da der Stein sehr langsam warm wird; bei Metallplatten fiele dieselbe weg.

Der erwärmte Stein wird mittels des breiten Borstenpinsels reichlich mit Terpentin bestrichen und das Papier mit der Zeichnung nach dem Stein zu aufgelegt. Sind die Blätter sehr klein, so kann man zwei oder mehr nebeneinander legen und auf einmal walzen. Dann wird das Papier mit der Hand plattgedrückt, bis es ganz mit Terpentin durchtränkt ist — eventuell muß etwas neu aufgetragenes Terpentin nachhelfen — und bis sich keine Luftblasen zwischen Papier und Unterlage mehr befinden. Dieses Glattstreichen entfernt auch überflüssiges Terpentinöl von dem Papier. Die beiden Messingstreifen, welche die Dicke der zu walzenden Platte besitzen (in unserem Fall sind sie von 1,0 mm Stärke), werden ebenfalls mit dem Öl bestrichen und zu beiden Seiten des Papiers auf den Stein gelegt. Die Umgebung des Papiers wird nochmals, um später das überflüssige Wachs leichter entfernen zu können, reichlich befeuchtet.

Unterdes ist in dem Tiegel Wachs zum Schmelzen gebracht worden. Dasselbe darf nicht zu heiß sein, da die Platten sonst zu langsam trocken werden und Luftblasen enthalten können. Es darf nicht rauchen; die Temperatur soll den Schmelzpunkt eben überschritten haben.

Mit der Kelle gießt man dann etwas von dem Wachs über das Papier, möglichst gleichmäßig verteilend. Man übt sich bald darauf ein, nicht mehr Wachs zu nehmen, als für die betreffende Platte nötig ist; zu große Mengen desselben erschweren das Walzen.

Digitized by Google

Hat das aufgegossene Wachs eben begonnen zu erstarren, so wird auf dasselbe ein Stück Florpapier so gelegt, daß seine Ränder mit denen des Blattes, welches die Zeichnung enthält, übereinstimmen. Ist die Platte sehr dünn, so kann dieses Blatt fortfallen.

Darauf wird die erhitzte Walze genommen und von der Mitte der Platte erst nach der einen, dann nach der anderen Seite über das Wachs hingefahren, allmählich den Druck verstärkend, bis die Walze direkt auf den Metallstreifen entlang gleitet und die Oberfläche der Platte völlig glatt ist. Das überschüssige Wachs wird dabei nach oben und unten herausgedrängt; sollte die Platte stellenweise zu dünn sein, so wird frisches Wachs zugegossen.

Darauf umschneidet man die Platte mit dem Spatel an der Grenze des Papiers, schiebt den Spatel an einer Ecke unter dieselbe und hebt sie, während sie noch halb weich ist, vom Stein vorsichtig ab. Die Platte wird zwischen Fließpapier einige Stunden gelindem Druck ausgesetzt, indem man die aufeinander geschichteten, natürlich durch Fließpapier getrennten Tafeln mit einer Holzplatte bedeckt. Darauf breitet man die Wachsplatten zum Trocknen aus, wobei die durch das Terpentinöl unkenntlich gewordene Zeichnung wieder deutlich hervortritt.

Der Stein wird sodann mit Hilfe des Spatels von den Wachsresten befreit, gereinigt und von neuem zum Herstellen der nächsten Platte befeuchtet. Die Wachsreste werden in den Tiegel mit dem flüssigen Wachs zurückgebracht.

Damit der Stein nicht kalt wird, ist es ratsam, die Prozedur des Walzens möglichst schnell vorzunehmen; ein gut eingearbeiteter Diener kann 25 und mehr Platten in der Stunde anfertigen.

Digitized by Google

Die hier gegebene Beschreibung lehnt sich an BORNS Vorschriften an. STRASSERS Instrumentarium ist etwas komplizierter, indem er die Walze im Wasserbad erhitzt, wozu dieselbe mit abnehmbaren Griffen versehen sein muß, abgetrocknet werden muß usw.; auch durchtränkt er die Papiere mit den Zeichnungen im Wachsbad mit Wachs und legt sie vor dem Walzen auf eine Nagelspitzenunterlage; doch dürfte BORNS Methode die einfachste und zweckmäßigste sein.

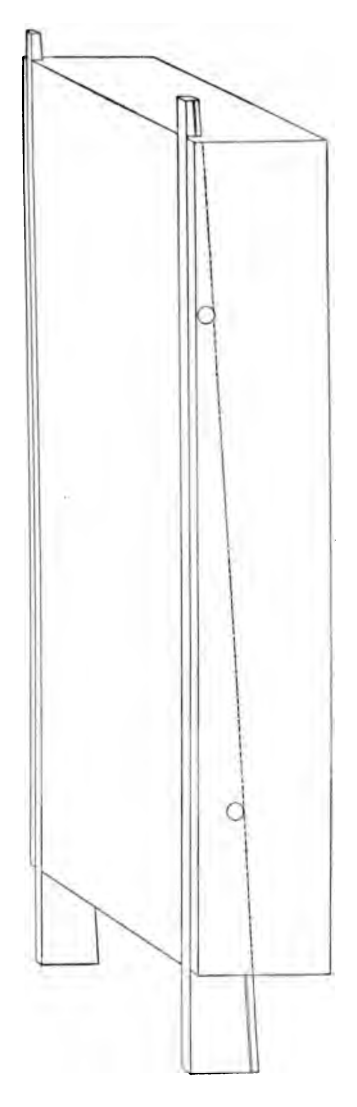
STRASSER gibt noch Anweisungen zur Herstellung von reinen Wachsplatten oder von dicken Platten durch successiven Aufbau. Erstere walzt er entweder zwischen 2 mit Terpentin reichlich befeuchteten Blättern von Pergamentpapier — natürlich müssen sich die Metallstreifen dann auch zwischen diesem Pergament befinden — oder später direkt auf dem Stein nach Befeuchtung desselben mit Glyzerin 1, Alkohol 2 zur Verhütung des Anklebens. Für dicke Platten walzt er erst dünnere auf dem Stein, gießt frisches Wachs zu, nimmt dickere Metallstreifen und walzt von neuem.

Fleischmanns und Pohlmans Modifikationen.

Das Instrumentarium STRASSERS hat sich ausgezeichnet bewährt und ist bis in die neueste Zeit unverändert geblieben. Erst im vorigen Jahre sind Modifikationen von FLEISCHMANN und POHLMAN angegeben worden, welche beide den Lithographierstein durch Metallplatten ersetzen und die Messingstreifen überflüssig machen.

FLEISCHMANN benutzt eine gußeiserne feingeschliffene Platte (60 × 90 cm), welche durch Stellschrauben horizontal nivelliert wird. Die Wachsplatten erkalten auf dieser sehr schnell; die Platte wird mit Olivenöl eingerieben. Die Messingstreifen ersetzt er durch runde Scheiben, die am Zapfen zu beiden Seiten der Stahlwalze mit Muttern befestigt werden; ihr Rand ist um ein geringes, entsprechend der Dicke der zu gießenden Platte, von der Mantelfläche der Walze entfernt. Die Apparate sind bei R. HENNIG, Mechaniker am physio-

Digitized by Google



logischen Institut zu Erlangen zu erhalten (Eisenplatte 95 M. Paar Abstandscheiben 2,50 M., Walze, 50 cm lang, 20 M.).

POHLMAN ersetzt den Lithographierstein ebenfalls durch eine eiserne Platte, an welche er eine Kühlvorrichtung anbringt; die Messingstreifen kommen in Wegfall. Statt derselben braucht er zwei keilförmige Stahlschienen, welche in schräge ausgehöhlte Bahnen zu beiden Seiten der Platte passen, wie es Fig. 32 zeigt. Diese Skizze, welche nicht die richtigen Verhältnisse angeben soll, verdanke ich ebenso wie die Beschreibung Herrn Prof. POHLMAN. Auf dieser schiefen Ebene gleiten die Schienen und werden für je 1 mm Vorschieben um 0,05 mm gehoben. Die Hebung ist bis zu 5 mm möglich. Um z. B. eine Platte 0,95 mm dick herstellen zu können, schiebt man die Schiene, bis sie 0,95 zeigt. Die Platte ist sehr genau.

Fig. 32. POHLMANS Apparat zum Plattenwalzen.

Digitized by Google

Ein eigenes Urteil über diese Modifikationen kann ich nicht abgeben. Immerhin scheint mir POHLMANS Vorschlag eine sehr brauchbare Verbesserung zu sein.

Will man sich die Herstellung der Wachspapierplatten ersparen, so kann man dieselben auch fertig von Grübler & Holborn, Leipzig, beziehen. Doch kommt deren Benutzung teuer zu stehen, da man stets nur einen kleinen Ausschnitt der Platten braucht und beim Selbstanfertigen das ausgeschnittene Wachs zum Herstellen neuer Platten benutzen kann.

d) Das Ausschneiden der Platten.

Wenn das Terpentin aus den Platten zum größten Teil verdunstet ist (bei dünnen Platten schon am Tage nach dem Walzen, bei dickeren zwei bis vier Tage später), kann mit dem Ausschneiden der zu modellierenden Teile begonnen werden. Man benutzt dazu ganz kurze scharfe Messer (bis auf einen kleinen Rest abgeschliffene Skalpelle) und schneidet auf Glas, welches zwar die Messer schnell stumpf macht, aber die Schnittränder des Wachses nicht so stark aufwirft wie Holz. Das Skalpell setze man senkrecht auf und fahre den Linien der Zeichnung nach. Dabei darf das Papier nicht reißen, sondern muß glatt geschnitten werden. Das Messer muß also häufig (oft nach jeder dritten Platte) geschliffen werden.

Die zu rekonstruierenden Stücke der Platte müssen natürlich, um nicht auseinander zu fallen, untereinander und mit der Richtebene durch provisorische Wachsstreifen, Brücken, zusammengehalten werden, welche später beim Zusammensetzen des Modells entfernt werden. Diese Brücken zeichne man sich auf jeder Platte vor dem Ausschneiden auf, da

Digitized by Google

komplizierte Platten oft ein verwickeltes Brückensystem benötigen, das beim Schneiden selbst nicht übersehen werden kann. Beim Aufzeichnen dieser Wachsstreifen ist einmal zu beachten, daß sie bei aufeinander folgenden Platten recht verschiedenartig angelegt werden, besonders an verschiedenen Stellen des Objekts anhaften, damit beim Aufeinanderschichten der Platten nicht ein Teil des Modells in ganzer Höhe durch die sich deckenden Brücken verborgen wird. Da weiterhin das Entfernen der Brücken meist eine kleine Ungenauigkeit des Konturs an dieser Stelle bewirkt, so benutze man als Abgangsstelle des Wachsstreifens wenn möglich in größerer Ausdehnung sich gleich bleibende Konturen und vermeide es, Brücken an scharfen Biegungen oder Ecken anzubringen. Zwei durch einen dünnen Spalt getrennte Stücke der Platte verbinde man durch seitlich im Bogen verlaufende Brücken, da solche innerhalb derartig schmaler Räume schwer zu entfernen sind. Andere Regeln werden sich jedem Arbeiter selbst ergeben. Auch die Richtlinie, an deren Objektseite ein fingerbreiter Streifen stehen bleibt, ist mit den Ausschnitten des Objekts zu verbinden. Ein gutes Hilfsmittel für das Zusammensetzen der Platten besteht darin, daß die Breite des Streifens, der die Richtebene trägt, in den Schnitten streng gleich bleibt.

Die Festigkeit des Ausschnitts fordert, daß man zuerst die Hohlräume ausschneidet; dann schneide ich erst die Brücken aus, sodann die Außenkonturen des Objekts und endlich die Richtlinie. Fig. 33 zeigt den zu Fig. 2 gehörigen Ausschnitt mit den Brücken; die gestrichelten Brücken sind richtig, die punktiert dargestellten falsch angelegte Verbinbindungen. Besonders genau markiere man dabei die Scheitelpunkte der Winkel, in welchen die Zacken abbiegen, da

Digitized by Google

nach diesen beim Aufeinanderschichten der Platten orientiert wird. Die Höhe der Zacken selbst ist beliebig, kann also willkürlich verändert werden. In Fig. 33 sind die Zacken naturgetreu ausgeschnitten worden. Vorsichtig wird der Ausschnitt dann aus dem Negativ herausgelöst. Die Reste der Platten werden wieder eingeschmolzen. BARDEEN verwendet sie, um ein zweites, ein Negativmodell herzustellen.

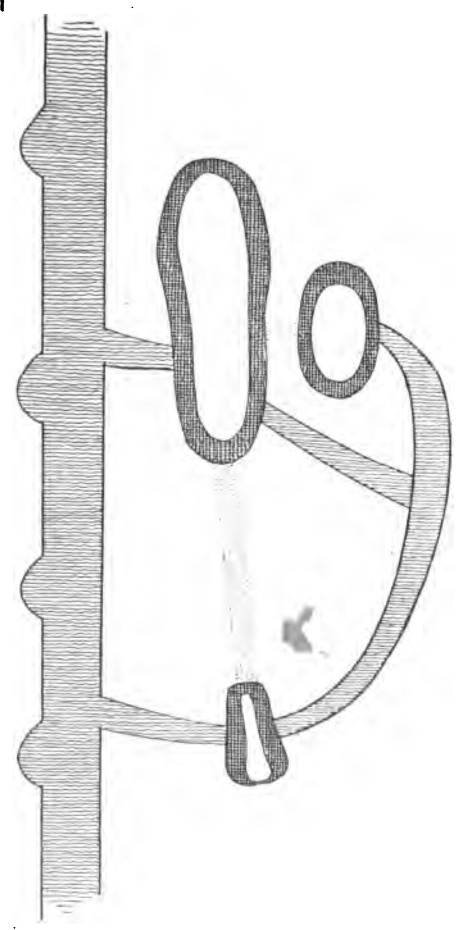


Fig. 33. Ausschnitt einer Platte mit den Brücken.

Oft ist man gezwungen, Ungenauigkeiten beim Ausschneiden zu begehen. Dünne Streifen sind manchmal nicht so anzufertigen, wie es die Zeichnung zeigt. Z. B. muß das Dach des vierten Ventrikels stets verdickt werden, um der Wachsplatte genügende Festigkeit zu verleihen. Natürlich muß diese Verdickung stets nach

Digitized by Google

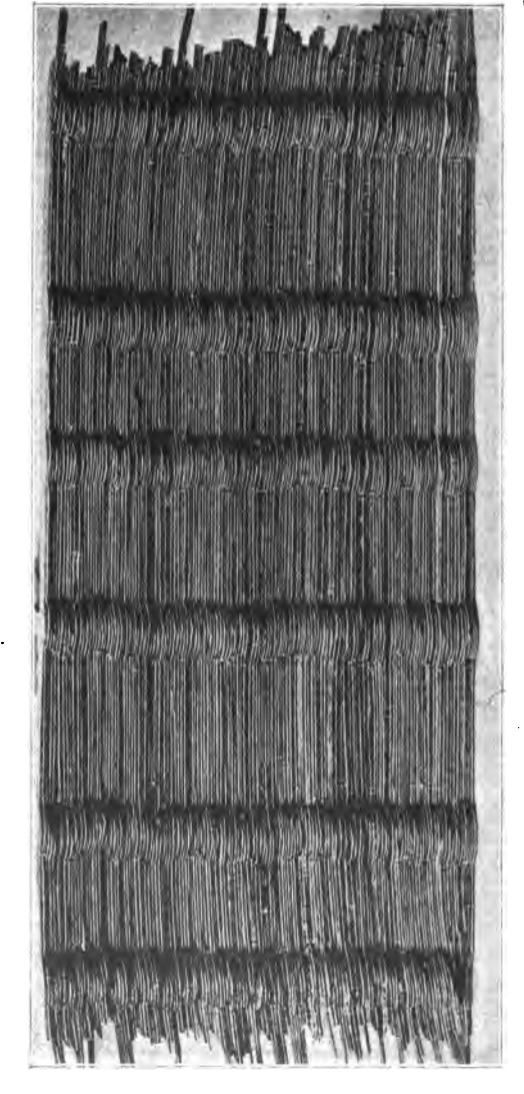


Fig. 34. Aufeinander geschichtete Plattenausschnitte von der Richtebenenseite aus gesehen. Photographie von Sobotta.

Digitized by Google

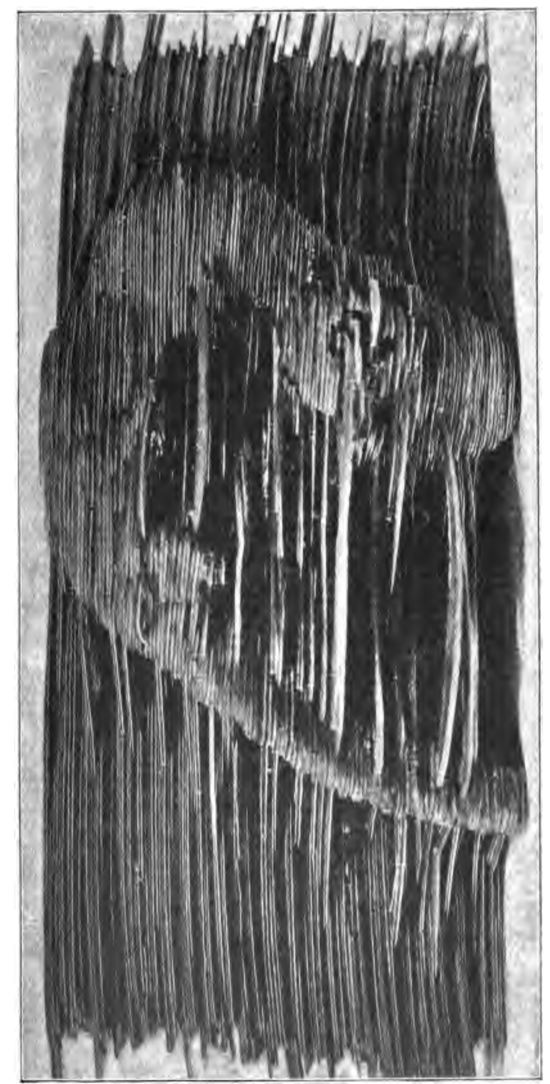


Fig. 35. Aufeinander geschichtete Plattenausschnitte von der Objektseite (vgl. Fig. 34), das Modell des Gehirns des Eidechsenembryos in Treppenform zeigend. Photographie von SOBOTTA.

Digitized by Google

derselben Seite hin geschehen, und zwar nach der weniger wichtigen; da ich hier die Außenform des Gehirns rekonstruieren wollte, so habe ich die dünnen Membranen von innen her verdickt.

e) Zusammenfügen der Ausschnitte.

Die ausgeschnittenen Plattenstücke werden nun so aufeinander gelegt, daß die Wachsstreifen mit den Richtlinien und deren Zacken genau senkrecht übereinander fallen, ohne seitliche Vorschiebung und Drehung. Sind die Schnitte der Serie glatt aufgelegt, so fallen auch die Zeichnungsausschnitte übereinander. Fig. 34 ist eine Photographie der zur Herstellung unseres Modells aufeinander geschichteten Plattenausschnitte, welche sehr gut aufeinander passen, von der Richtebenenseite gesehen; Fig. 35 zeigt dieselben von der Objektseite her. Sollte das Aufeinanderpassen nicht nach Wunsch gelingen, so wird man sich eher nach dem Objekt als nach der Definierebene richten. Hier tritt der Vorteil einer nahen Lage der Richtlinie besonders hervor: während bei weit entfernter Richtlinie eine minimale Verschiebung derselben eine weite Verlagerung des durch lange Brücken verbundenen Zeichnungsausschnittes bedingt, können ebensolche Verschiebungen einer nahe gelegenen Ebene nur kleine Exkursionen am eigentlichen Modell bedingen; das Zusammenfügen der Ausschnitte ist also im letzteren Falle viel leichter. Im Interesse der Orientierung hat BARDEEN geraten, jede fünfte Platte schwarz herzustellen, indem er Lampenschwarz in das flüssige Wachs mischt. Wichtiger ist es oft, außen am Modell einige Felder zu markieren, die sich nicht durch Niveauveränderungen erkennen lassen (Riechfeld, Ansatz des Herzbeutels am Herz u. a.). BORN rät hier, in Fixativ aus

Digitized by Google

Leim und Borax, das er von STOERMER Nachfolger, Breslau, Ohlauerstraße bezog, Wasserfarbe in Tuben zu verreiben und damit die betreffenden Stellen an den Rändern des Ausschnitts anzustreichen.

Meistens wird geraten, je fünf und fünf Platten gesondert aufeinander zu legen und zu bearbeiten. Ich schichte sämtliche Ausschnitte des ganzen Modells, den einen auf den anderen passend, genau übereinander, und zwar aus zwei Gründen.

Erstens kann ich auf diese Weise die Höhe des Plattenhaufens nachmessen und untersuchen, ob sie genau der theoretisch berechneten Modellhöhle entspricht. Die berechnete Höhe der Platten von Fig. 34 betrug z. B. 105,6 mm, die gemessene aber 112 mm. Eine Veränderung der Höhe des Ausschnitts kann auf verschiedenem Wege eintreten. Einmal sind die fertig gewalzten Platten mit Terpentinöl durchtränkt und müssen beim Trocknen um ein weniges dünner werden. Dann aber werden die Ränder der Ausschnitte beim Ausschneiden, zumal bei stumpfen Messern und hartem Papier, aufgeworfen, so daß zwischen ihnen beim Aufeinanderlegen kleine Zwischenräume bleiben. Infolge dieser aufgeworfenen Ränder ist die Höhe des Plattenhaufens meist etwas zu groß. Um sie auf das richtige Maß zu bringen, beschwere man die Platten oder Teile des Haufens mit einer belasteten Glasplatte. Zu demselben Zweck das Papier von den Ausschnitten abzuziehen, halte ich nicht für ratsam, da dieses die Wachstafel fester macht und den genauen Kontur der Zeichnung enthält.

Zweitens wird die Richtebene, wenn man eine kleinere Zahl von Ausschnitten getrennt verarbeitet, infolge kleiner unvermeidlicher Abweichungen beim definitiven Aufbau nie

Digitized by Google

eine gerade Fläche bilden, sondern immer mehr oder weniger gebogen sein: das eine Plattenpaket ist um ein geringes nach der einen, das andere nach der anderen Seite geneigt, so daß das Objekt schwer zu korrigierende wellenförmige Außenkonturen zeigen kann. Legt man aber sämtliche Ausschnitte aufeinander, so vermeidet man solche kleine Fehler; man kann, eventuell mit Hilfe eines rechten Winkels, eine völlige Geradheit der Definierebene erreichen.

Sind alle Platten aufeinandergeschichtet, so verlöte ich den ganzen Stoß oberflächlich durch Durchstechen des an der Richtebene haftenden Wachsstreifens mit heißem Spatel und kann einzelne Partien zu gesonderter Bearbeitung voneinander trennen, ohne fürchten zu müssen, daß sie später schlecht aufeinander passen.

Besitzt die Serie keine Richtlinie, ist man etwa genötigt, nach bereits vorliegenden Schnitten zu rekonstruieren, so nehme man die Medianlinie, bei symmetrischen Gebilden den Außenkontur, eine Profilzeichnung u. ä. zu Hilfe; eventuell muß man zur Orientierung einzelne Teile mit modellieren, welche eigentlich kein Interesse für den Modelleur besitzen (Gehirn, äußerer Umriß). Hier ist zur Vermeidung von groben Verschiebungen dringend anzuraten, die gesamten Ausschnitte aufeinander zu schichten, um einen Gesamteindruck von dem Modell zu erhalten. Minimale seitliche Verschiebungen oder Drehungen, die beim Aufeinanderlegen zweier Platten selbst bei Beachtung aller im Objekt befindlichen Merkmale nicht zu vermeiden sind, führen in der Häufung oft zu sichtbaren und dann in den Plattenhaufen leicht korrigierbaren Abweichungen.

Wichtig ist ferner, ob man die Ausschnitte mit der Zeichnung nach oben von 1 bis x oder von x bis 1 aufeinander

Digitized by Google

schichtet, da die beiden so entstehenden Modelle Spiegelbilder voneinander darstellen. Ebensolche erhält man, wenn man die Schnittrichtung statt vom Kopf zum Schwanz des Embryo, vom Schwanz zum Kopf nimmt, oder wenn beim Walzen der Platte die Zeichnung nach oben liegt, statt nach dem Stein zu. Bei symmetrischen Organen ist dies ja oft gleichgültig, doch ist beim Übersehen dieses Umstandes schon manchmal zum Erstaunen des Modelleurs z. B. eine Dextrokardie entstanden.

Man mache es sich daher zur Regel, wie schon früher erwähnt, die Schnittrichtung stets von Kopf zu Schwanz, von Rücken zu Bauch, oder für Sagittalserien von der rechten nach der linken Seite zu nehmen. Ferner beachte man, daß der Projektionsapparat ein dem Objekt symmetrisches Bild entwirft — aufrecht oder in der Fläche gedreht, je nachdem man mit oder ohne Okular arbeitet, daß das Mikroskop aber nur in der Fläche umkehrt.

Man lege also, falls man sich beim Zeichnen des Projektionsapparates bedient hat, die das Spiegelbild tragenden Ausschnitte mit der Bildseite nach oben in umgekehrter Reihenfolge aufeinander, als man das Objekt geschnitten hat. Ist z. B. ein Embryo in der Richtung von Kopf zu Schwanz geschnitten worden, so lege man die Zeichnung der Kopfspitze zu unterst und häufe auf diese die weiter kaudal gelegenen Platten. Man erhält so das Spiegelbild des gezeichneten Spiegelbildes und wird beim Umstülpen desselben ein richtig gelagertes Abbild des Objekts gewinnen. Ist mit Abbés Apparat oder dem Embryographen gezeichnet worden, so müssen die Platten in derselben Richtung, in welcher geschnitten wird, aufeinander geschichtet werden.

Digitized by Google

f) Vollendung des Modells.

Das durch Aufschichten der einzelnen Ausschnitte erhaltene Modell zeigt entsprechend den Rändern der einzelnen Platten treppenförmige Grenzflächen (s. Fig. 35). Um es dem Objekt ähnlicher zu machen, muß man diese Unebenheiten ausgleichen und mit dem Material der vorstehenden Kanten die Rinnen ausfüllen.

Es liegt auf der Hand, daß die Ungenauigkeit bei dieser Operation mit der Dicke der Platten wächst, da man Konturveränderungen, welche das Objekt innerhalb der Dicke einer Platte erfährt, nicht nachmodellieren kann; daraus ergibt sich die Regel, die Platten lieber etwas dünner als zu dick zu wählen und mit ihrer Zahl nicht allzusehr zu sparen.

STRASSER hat aus diesem Grunde versucht, Wachsmodelle ohne ein Treppenstadium herzustellen. Entweder legt er die unausgeschnittenen Platten genau aufeinander und schneidet die Konturen des zu modellierenden Teils unter Berücksichtigung der unterliegenden Platte aus — ein Verfahren, das nur bei ganz dünnen, durchscheinenden Tafeln anwendbar ist, oder er reiht dünne Schnittbilderplatten übereinander und füllt die Hohlräume zwischen denselben mit Wachstafeln, welche nach den beiden begrenzenden Schnittbildern ausgeschnitten werden. Ähnlich ist HIS' S. 99 beschriebenes Verfahren der Modellierung mittels Zinkblech.

Gestattet es das anzufertigende Modell — ist es nicht zu kompliziert gebaut —, so glätte ich es im ganzen ohne Teilzerlegung, da geringe Konturverschiebungen am ehesten auf diese Weise wahrgenommen werden können. Ist dies nicht möglich, so bearbeite man beliebige Teile für sich. Jedenfalls beginne man mit der festen Vereinigung der die Richtlinie tragenden Streifen.

Als Handwerkszeug bediene man sich zungenförmiger oder knopfförmiger, verschieden gebogener, an den Rändern

Digitized by Google

nicht schneidender Modellierspatel. Die vier Größen, welche ich benutze, sind bei Mechaniker KLEINERT, Breslau, Breitestraße, zu erhalten.

Beim Bearbeiten des Modells geht man in der Weise vor, daß man zuerst die Ausschnitte durch Zwischengießen eines Tropfens von heißem Wachs verschmilzt, die Brücken mit heißem Messer entfernt, sobald sie überflüssig werden und die Stufen mit nicht zu heißem Spatel glättet. Obgleich eigentlich das Material der vorstehenden Kanten die Rinnen ausfüllen sollte, wird man wohl stets den Spatel mit etwas Wachs beschicken müssen. BARDEEN vereinigt übrigens die Ausschnitte schon beim Aufeinanderlegen der Platten mit Nadeln, welche dem Modell eine große Festigkeit verleihen. Zuletzt wird die Richtebene entfernt.

Um eine Stelle nicht durch zu langes Bearbeiten mit dem heißen Eisen zu sehr zu erweichen und die Konturen stark zu verändern, wechsle man während der Arbeit mit verschiedenen Stellen ab. Gewöhnlich nehme ich erst die leichteren oder weniger wichtigen Partien vor und lasse die schwierigen bis zuletzt, wenn das Modell bereits in sich soweit gefestigt ist, daß man es in die Hand nehmen kann, um die Hauptsachen exakt herauszumodellieren.

Man fürchte nicht, durch das Ausgleichen der Stufen zuviel zu tun; die festen Wachspapierplatten verhindern eine zu bedeutende Veränderung des Kontur, und die entstandenen Fehler übertreffen nie die bei der Fixierung, dem Härten, Einbetten und Schneiden entstandenen. Bei dünnen, flach gegen die Schnittrichtung gebogenen Platten (Epithelhauben, in unserem Fall bei dem Dach des IV. Ventrikels) kann es vorkommen, daß die Wachsstreifen durch Zwischenräume getrennt sind, da man beim Zeichnen nur den mittleren, im

Digitized by Google

Schnitt deutlich sichtbaren Teil des Lamellenschnitts wiedergibt. Dann sieht man sich sogar gezwungen, durch Zugabe von viel Wachs die Lücken auszufüllen. Sehr gut ist die Idee von BARDEEN, derartige dünne Lamellen durch Einlegen von Drahtnetzen zu festigen. BARDEEN benutzt hierzu Kupferdraht, der sich nicht wirft wie Eisendraht, und das Netz

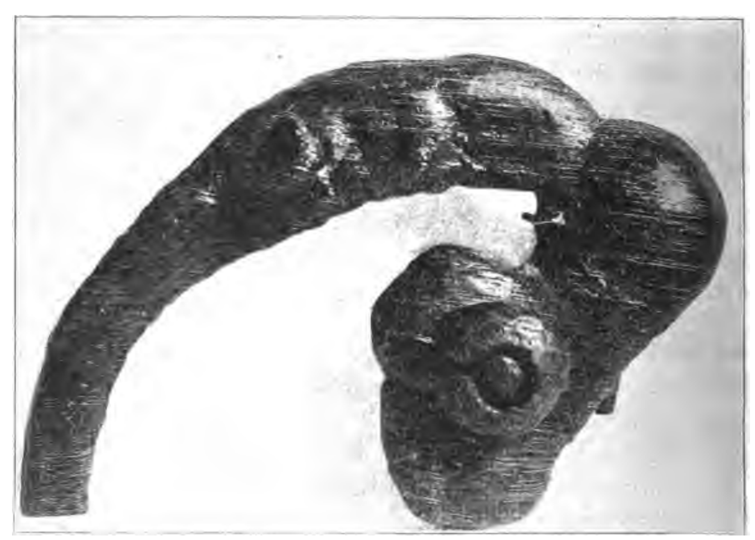


Fig. 36. Modell des Gehirns eines Eidechsenembryos nach dem Glätten (vgl. Fig. 35). Photographie von SOBOTTA.

so dicht, daß 10 Stränge auf 1 cm kommen. Ebenso stützt man dünne Spangen durch Kupferdrähte.

Während dieser Operationen vereinfachen sich die anfangs oft unentwirrbar scheinenden Formen des Modells sichtlich, und schließlich entsteht ein in einfachen ruhigen Konturen so klar aussehendes Modell, daß man sich manchmal wundert, wie man an der Rekonstruktion im Kopf scheitern konnte (s. Fig. 36).

Digitized by Google

Endlich glättet man das Modell noch im ganzen, indem man es mit breitem warmen Spatel bearbeitet, durch die Bunsenflamme zieht u. a. Je einfacher es aussieht, desto mehr gibt es die Form des Objekts selbst wieder, und desto



Fig. 37. Vollendetes Modell des Gehirns eines Eidechsenembryos nach dem Anstreichen mit Ölfarbe. Diese Photographie verdanke ich Herrn stud. B. MARTIN.

mehr erleichtert es das Studium, das nicht durch zufällige unwesentliche Unebenheiten abgelenkt wird.

Ein Anstrich des Modells ist sehr zu empfehlen, da die durch die Platten hervorgerufene Streifung oft störend wirkt, besonders wenn die Schnittrichtung schräg ausgefallen war und nicht mit der Basis des Modells übereinstimmt.

Digitized by Google

Temperafarben und Ölfarben haften auf dem Wachs. Erstere trocknen schneller, geben aber einen stumpferen Ton, letztere brauchen längere Zeit, um trocken zu werden, doch geben sie der Fläche einen stärkeren Glanz. Natürlich wird man verschiedene Teile mit verschiedenen Farben versehen. Fig. 37 zeigt unser Modell nach dem Anstrich; die Abbildung ist wesentlich einfacher als Fig. 36, obgleich die Photographie die Pinselstriche der Ölfarbe sehr deutlich wiedergibt.

g) Zerlegen des Modells.

Oft ist es notwendig, ein fertiges Wachsmodell wieder zu zerlegen, um einen Einblick in Hohlräume zu gewinnen oder einen bestimmten Schnitt durch dasselbe zu erhalten. Bei kleinen Modellen genügen erwärmte dünne Messer oder Drähte, mit Terpentin getränkte Visitenkarten oder Seidenfäden, um die Wachsplatten auch gegen die Richtung ihres Verlaufes zu durchschneiden. Die Messer dürfen nicht zu heiß sein, um nicht allzuviel Wachs an beiden Flächen abzuschmelzen, denn in diesem Falle würden die Teilstücke nicht mehr zusammenpassen. Auch die Anwendung der Laubsäge oder einer Bandsäge ist empfohlen worden.

Für größere Modelle sind diese Mittel nach Schapers Erfahrungen unvollkommen, auch die Zähne der Sägen verkleben sehr bald; Schaper bedient sich zum Zerlegen seiner großen Hirnentwicklungsmodelle eines dünnen, durch den elektrischen Strom erhitzten Metalldrahtes. Er verwendet geglühten Messingdraht von etwa 0,5 mm Dicke, der zäher ist als Eisendraht. Die beiden Enden desselben werden durch Klemmschrauben mit den Polen eines Akkumulators von 6 Volt Spannung verbunden. Der Draht darf nicht zu heiß sein, da sonst das Wachs hinter dem durchschneiden-

Digitized by Google

den Metall wieder zusammenschmilzt; die Stromstärke sollte 4—5 Ampère betragen (der Draht soll bei Berührung mit dem feuchten Finger eben zischen), welche Stärke noch in einem 1,50 m langen Draht von einer Spannung von 6 Volt geliefert wird. Zum Gebrauch wird die Drahtschlinge mit zwei Flachzangen gefaßt und nach Schließung des Stromes das Drahtstück zwischen den Zangen unter leichtem Druck oder Zug (Druck ist wegen der Möglichkeit sicherer Führung vorzuziehen) unter vorsichtigem Hin- und Herziehen in der gewünschten Richtung langsam durch das Modell durchgeleitet. Es gelingt auf diese Weise auch gebogene oder geknickte Schnittflächen zu erzeugen. Die leicht verklebten Teilstücke lassen sich mittels eines zwischengeschobenen Messers ohne Schwierigkeit voneinander trennen; die sauberen Schnittflächen werden mit heißem Spatel geglättet.

Nicht immer ist es erforderlich, das ganze Modell zu durchschneiden; oft genügen aus Wandungen herausgeschnittene Fenster, um das Innere zu zeigen.

Die letzte Montierung des Modells besteht darin, daß man Stücke desselben, die getrennt oder herausgeschnitten sind, mit dem Hauptstück verbindet, indem man die Brücken durch Drähte ersetzt, deren heißgemachte Enden in bestimmte Stellen der Wachswände gebohrt werden. Auch kann man Stücke abnehmbar und wieder einfügbar gestalten. Hierzu fügt man an die eine Schnittfläche Nägel, welche in Vertiefungen der entsprechenden Fläche des anderen Stückes passen. Oder man schmilzt in ein Stück ein Messingröhrchen ein, in welches ein federnder Stift von der anderen Seite eingreift; herausgeschnittene Fenster kann man durch Angeln befestigen und so dem Modell auch ein elegantes Äußere geben.

Digitized by Google

Schapers Verfahren.

Schaper hat die Umständlichkeit der älteren Verfahren zum Herstellen von Richtebenen auf eine Methode geführt, bei welcher diese ganz vermieden werden und die Wachsplatten beim Aufeinanderschichten in die aus Pappe ausgeschnittene entsprechend vergrößerte Mediankontur eingepaßt werden, ein Verfahren, das schon Born kurz angab, doch ist Schaper unabhängig auf dieselbe Idee gekommen.

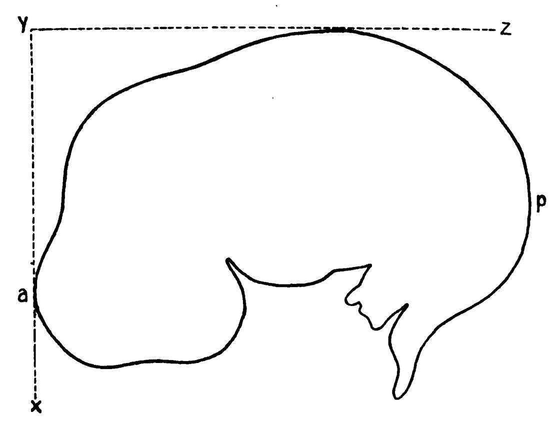


Fig. 38. Mediankontur. Zeichnung eines Schweinsembryos. *ap* Rückenkontur. *xy* Schnittrichtung. *yz* Senkrechte dazu. Nach Schaper.

Schaper wählt zur Rekonstruktion einen in möglichst gestreckter Lage fixierten Embryo aus, von dem er einen genauen Mediankontur durch Zeichnung oder Photographie herstellt. Zur Vermeidung von Fehlern kann man den aus dem geschmolzenen Paraffin genommenen, zum Einbetten fertigen Embryo nochmals zeichnen. Wichtig ist hauptsächlich die Rückenlinie *ap* (Fig. 38). In die Konturzeichnung

Digitized by Google

ist die Schnittrichtung einzutragen (Fig. 38, xy), welche senkrecht durch die Medianebene des Embryo gehen muß. Zu dieser Linie wird noch eine Senkrechte yz gezogen, welche die Rückenkurve in einem Punkte berührt. Nach diesem

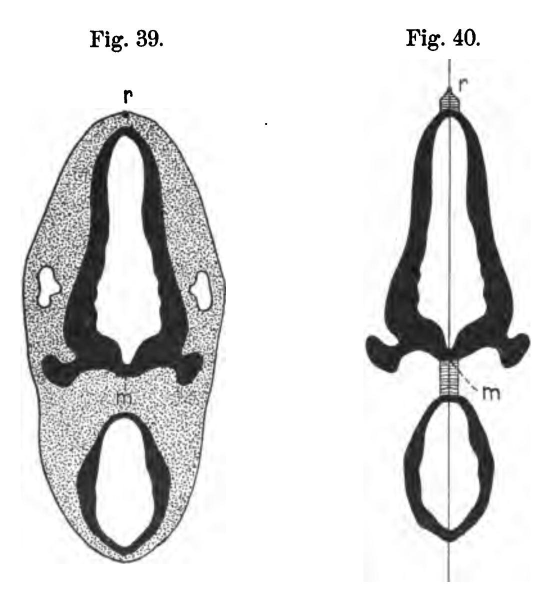


Fig. 39. Transversalschnitt durch den Kopf eines Schweinsembryos, den Rückenpunkt *r* und den Medianpunkt *m* zeigend. Das zu modellierende Zentralnervensystem ist schwarz ausgefüllt. Nach SCHAPER.

Fig. 40. Wachsplattendiagramm des Schnitts Fig. 39 mit dem den Rückenpunkt *r* tragenden Ansatzstück und markiertem Medianpunkt *m*. Nach SCHAPER.

rechten Winkel xyz wird der Embryo während des Einbettens orientiert, indem man die Einbettungskammer mit gläserner Grundplatte auf ein Stück Papier stellt, welches

Digitized by Google

diesen Winkel enthält. Die beiden Schenkel desselben laufen parallel zu den Wänden der Kammer, so daß an dem Block die Schnittrichtung bestimmt ist.

Als Definierpunkte, welche in der Zeichnung angegeben werden müssen und beim Ausschneiden der Platten durch Brücken mit dem zu modellierenden Organ verbunden bleiben, nimmt man zwei in der Medianlinie der Schnitte gelegene Marken, eine in der Rückenlinie selbst (Rückenpunkt *r*, Fig. 39), die andere, den Medianpunkt *m*, in oder außerhalb des gezeichneten Organs (z. B. an der ventralen Kommissur des Rückenmarks). Fig. 39 zeigt einen Schnitt und Fig. 40 eine ausgeschnittene Platte mit diesen Punkten.

Die Profilzeichnung wird nun der Vergrößerung der Schnitte entsprechend vergrößert, in diesem Maßstabe auf eine Papptafel gezeichnet und ausgeschnitten. Die Wachsplatten werden in diese »Lehre« eingepaßt, so daß der Rückenpunkt die Rückenlinie berührt, der Medianpunkt ventral davon in der Ebene der Papptafel liegt und die Platten senkrecht auf der Ebene der Tafel stehen. Dann werden letztere verklebt und wie oben beschrieben das Modell hergestellt.

Die Anwendungsweise dieser Methode ist, wie aus der Beschreibung hervorgeht, eine beschränkte; die meisten Embryonen haben keine gerade Rückenlinie, für herausgeschnittene Organe ist die Methode aus demselben Grunde nicht verwendbar. Auch ist es nicht leicht, ohne Schnitte zu opfern, das Objekt genau senkrecht zur Mittelebene zu schneiden. Doch ist das Verfahren bei gerade gestreckten Embryonen gut brauchbar. Besonders zu empfehlen ist es für große Organe (z. B. Gehirne), welche nicht in eine Definierkammer eingeschlossen werden können. Bei diesen hat es Vortreffliches geleistet.

Digitized by Google

C. Selenkas Methode des Metallausgießens.

Selenka zeichnet die Schnitte auf Papier und läßt sie vom Buchbinder auf Pappdeckel von erforderlicher Dicke aufkleben. Die Pappdeckel werden auf der Rückseite geleimt. Der Buchbinder schneidet die zu rekonstruierenden Teile aus der Pappe aus, so daß jede Tafel ein Negativ der zu modellierenden Partien darstellt.

Selenka klebt nun diese Pappscheiben aufeinander, indem er zur Orientierung den Mediankontur des Embryo benutzt, verkittet außen das Modell mit Gips und gießt die Höhlung mit Woodschem Metall, das auf 75° erhitzt wird, aus. Damit das Metall abgekapselte oder beim Eingießen nach oben sehende Hohlräume ausfüllt, muß man diese durch Gänge miteinander in Verbindung setzen, Windpfeifen anlegen u. a. Durch Aufweichen des Modells in warmem Wasser erhält man den Metallkern, der zersägt und mit heißem Spatel geglättet werden kann.

Der Methode ist nur beschränkte Anwendbarkeit zuzusprechen; sie dürfte durch Borns Wachsplattenverfahren verdrängt worden sein. Als Vorteil erwähnt Selenka, daß sie dauerhafte Modelle liefert und ein großer Teil der Arbeit dem Papparbeiter überlassen werden kann.

Digitized by Google

Literatur.

Historisch geordnet.

1868. **His, W.** Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbeltierleibes. Leipzig. S. 182.
(Erste Darstellung der Methode der projektiven Konstruktion mit nachfolgender freier Modellierung.)

1876. **Rosenberg, E.** Über die Entwicklung der Wirbelsäule und des Centrale carpi des Menschen. Morphol. Jahrb. Bd. I. S. 108—109.
(Frontalkonstruktion aus Querschnitten.)

1876. **Born, G.** Über die Nasenhöhlen und den Tränennasengang der Amphibien. Morphol. Jahrb. II. S. 577—646. 3 Taf.
(S. 578—580. Erste kurze Darstellung der Plattenmodelliermethode; Zeichnen der Schnitte auf Wachsplatten, die auf heißem Wasser gegossen worden waren.)

1878. **Krieger.** Eine Methode, aus mikroskopischen Querschnitten eine Ansicht des untersuchten Gegenstandes zu konstruieren. Zool. Anzeiger S. 369—370.
(Projektive Konstruktion, ähnlich der Hisschen Methode.)

1880—85. **His, W.** Anatomie menschlicher Embryonen. Leipzig. H. 1. S. 7—12. H. 3. S. 3—5.
(Im ersten Heft Beschreibung des Embryographen und genauere Angaben über projektive Konstruktion und Modellierung. Im dritten Heft Besprechung der Plattenmodelliermethode.)

1881. **Stöhr, Ph.** Zur Entwicklungsgeschichte des Anurenschädels. Zeitschr. für wissensch. Zoologie Bd. 36. S. 68—103. 2 Taf.
(Durch Pauskombination gewonnene Ansichten von Viszeralskeletten aus Horizontalschnitten.)

1882. **Froriep, A.** Über ein Ganglion des Hypoglossus und Wirbelanlagen in der Occipitalregion. Archiv für Anatomie.
(Durch Pauskombination von Sagittal- und Querschnitten erhaltene Bilder.)

Digitized by Google

1883. **Froriep, A.** Zur Entwicklungsgeschichte der Wirbelsäule, insbesondere des Atlas und Epistropheus und der Occipitalregion. Archiv für Anatomie S. 177—234.
(Frontalprojektion aus Sagittalschnitten nach His' projektiver Konstruktion.)

1883. **Born, G.** Die Plattenmodelliermethode. Archiv für mikroskopische Anatomie XXII. S. 584—599.
(Ausführliche Beschreibung der Methode: vorbereitende Manipulationen [Einbetten der Objekte, Orientieren, Schneiden, Schnittaufkleben] und Modellieren [Gießen der Platten, Zeichnen, Aufeinanderpassen].)

1884. **Fol, H.** Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie. Leipzig. S. 85.
(Projektive Konstruktion mit Verwendung von liniierten Glasplatten.)

1885. **Dohrn, A.** Studien zur Urgeschichte des Wirbeltierkörpers. 7. Entstehung und Differenzierung des Zungenbein- und Kieferapparates der Selachier. Mitteilungen der Zoologischen Station zu Neapel Bd. 6. S. 1—48.
(Pauskombinationen.)

1885. **Froriep, A.** Über Anlagen von Sinnesorganen am Facialis, Glossopharyngeus und Vagus. Archiv für Anatomie S. 1—55.
(S. 8: Sagittalprojektionen nach dem früheren Verfahren der Frontalprojektion.)

1886. **Froriep, A.** Zur Entwicklungsgeschichte der Wirbelsäule, insbesondere des Atlas und Epistropheus und der Occipitalregion. Archiv für Anatomie. II.
(S. 94: Frontalprojektion aus nicht genau sagittal geschnittenen Serien.)

1886. **Strasser, H.** Über das Studium der Schnittserien und über die Hilfsmittel, welche die Rekonstruktion der zerlegten Form erleichtern. Zeitschr. für wissensch. Mikroskopie III. S. 179—195.
(Theoretisches über das Studium von Schnittserien, graphisches Durcharbeiten mittels Pauskombination, His' Methode und Schrägansichten; Modellieren: Herstellen von gewalzten Wachspapierplatten; Einbetten von Papierkästchen aus Millimeterpapier als Richtzeichen.)

Digitized by Google

1886. **Selenka, E.** Plattenmodelle nach mikroskopischen Präparaten. Sitzungsber. der Physik.-mediz. Sozietät in Erlangen. 15. II. 1886. S. 26—28.

(Methode des Metallausgießens.)

1886. **Kaschtschenko, N.** Methode zur genauen Rekonstruktion kleiner, makroskopischer Gegenstände. Archiv für Anatomie und Physiologie. Anatomische Abteilung S. 388—394. 1 Taf.

(Methode des Anbringens von Definierflächen; Beschreibung des Beschneiders. Ausführung der Flächenkonstruktion und Reihenkonstruktion (His) mit und ohne Aufhebung der Achsendrehung des Gegenstandes bei Anwendung von Definierflächen.)

1887. **His, W.** Über die Methoden der plastischen Rekonstruktion und über deren Bedeutung für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Anatomischer Anzeiger II. S. 382—392.

(Besprechung der projektiven Konstruktion mit freier Modellierung, der Plattenmodelliermethoden Borns und Selenkas sowie His', Anwendung der Methoden. Korreferat von Strasser (s. d.), Diskussion: Born, His, Kölliker.

1887. **Strasser, H.** Korreferat über die Methoden der plastischen Rekonstruktion. Anatomischer Anzeiger II. S. 392—394.

(Erste Empfehlung gewalzter Wachspapierplatten; Herstellung zerlegbarer Modelle; Besprechung der Linieneinbettung.)

1887. **Strasser, H.** Über die Methoden der plastischen Rekonstruktion. Zeitschr. für wissenschaftl. Mikroskopie IV. S. 168—208, 330—339. 6 Fig.

(Ausführliche Darstellung. Theoretisches über die Natur plastischer Vorstellungen; Technik der Einbettung von Orientierungszeichen: Richtebene mit Richtlinien durch eingegossene Leisten oder Furchen, durch Ritzen, mittels Eiweißplatten oder durch Beschneiden hergestellt. Zweidimensionale Rekonstruktionen (Verfahren von His, Kaschtschenko), Dreidimensionale Rekonstruktionen (freie Modellierung, Borns Plattenmodell, zerlegbares Plattendiagramm; stroboskopische Betrachtung der Diagramme). Verschiedene Verfahren zur Herstellung von Wachsplatten und Wachspapierplatten.

1887. **Kaschtschenko, N.** Die graphische Isolierung. Anatomischer Anzeiger II. S. 426—435. 2 Fig.

(Genaue Beschreibung der graphischen Isolierung (Flächenkonstruktion) bei schwachen und stärkeren Vergrößerungen.)

Digitized by Google

1887. **Kaschtschenko, N.** Die graphische Isolierung bei mittleren Vergrößerungen. Anat. Anz. II. S. 579—582. 1 Abb.
(Komplizierte graphische Isolierung in Fällen, in welchen die Definierlinie nicht in einem Gesichtsfeld mit dem zu isolierenden Organ liegt.)

1887. **Kaschtschenko, N.** Eine kurze Notiz in bezug auf meine Methode. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie IV. S. 353—356.
(Prioritätsstreit betreffs der Definierlinien.)

1888. **Born, G.** Noch einmal die Plattenmodelliermethode. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie V. S. 433—455. 4 Fig.
(Darstellung der Methode in verbesserter Form. Aufsetzen des Objekts. Herstellen von Richtebene und Richtlinien durch Beschneider und Ritzer. Schneiden und Auflegen der Schnitte. Modellieren. Plattenwalzen nach Strasser, etwas vereinfacht; Herstellung des Modells.)

1888. **Kaschtschenko, N.** Über das Beschneiden mikroskopischer Objekte. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie V. S. 173—181, 2 Fig.
(Modelle des Beschneiders für Mikrotome von Jung, Becker und Schanze. Genaue Beschreibung des Beschneidens. Vorzüge desselben gegenüber Strassers Ritzer.)

1890. **Schaffer, K.** Die Rekonstruktion mittels Zeichnung. Eine Methode zum Studium der Faserung im Zentralnervensystem. Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. 7. S. 342—345. 2 Fig.
(Pauskombination.)

1892. **His, W.** Der mikrophotographische Apparat der Leipziger Anatomie. Festschrift für A. Kölliker. Leipzig, Vogel.
(S. 19—21: Herstellung von Glasmodellen.)

1892. **Eycleshymer, A. C.** Notes on Celloidin Technique. American Naturalist Vol. 26. p. 354—357. 2 Fig.
Richtzeichen für Celloidinblöcke.

1893. **His, W.** Demonstration eines Modells eines embryonalen menschlichen Gehirns. Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft Göttingen S. 209.
(Modell aus 50 Glasplatten.)

1893. **Woodworth, W. McM.** A Method for orienting small Objects for the Mikrotome. Bull. Mus. Comp. Zool. XXV. No. 3. Referat: Zeitschr. für wissensch. Mikroskopie Bd. XI. S. 31—32.
(Modifikation von Pattens Orientierungsmethode.)

Digitized by Google

1894. **Patten, W.** Orienting small objects for sectioning, and fixing them, when mounted in cells. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie XI. S. 13—15.

(Orientierung in Nelkenölkollodium auf Papierstreifen vor dem Einbetten.)

1894. **Keibel, F.** Ein kleiner Hilfsapparat für die Plattenmodelliermethode. Zeitschr. f. wiss. Mikr. XI. S. 162—163. 1 Fig.

(Beschreibung eines am Messerrücken zu befestigenden Ritzers.)

1896. **Dixon, Fr.** On the Development of the Branches of the fifth Cranial Nerve in Man. Transact. of the Royal Dublin Society Vol. VI. Ser. II. p. 22.

(Plattenmodelle aus Glas, Beschreibung der Technik.)

1897. **Schaper, A.** Zur Technik der Plattenmodellierung. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie XIII. S. 446—459. 10 Fig.

(Beschreibung seiner Methode: Ersetzen der Richtebene durch den Profilkontur.)

1897. **Woodworth, W. McM.** On a method of graphic reconstruction from serial sections. Zeitschr. für wiss. Mikroskopie XIV. S. 15—18.

(Frontalkonstruktion aus Querschnitten.)

1897. **Alexander, G.** Zur Technik der Wachsplattenrekonstruktion: Über Richtungsebenen. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie. XIV. S. 334–348. 5 Fig.

(Beschreibung seines Ritzers, Anwendung desselben für Paraffin- und Celloidinblöcke.)

1898. **Peter, K.** Die Entwicklung und funktionelle Gestaltung des Schädels von Ichthyophis glutinosus. Morph. Jahrb. XXV. S. 555—628. 3 Taf. (Temperafarbe als Anstrich der Richtebene).

1898. **Born G.** und **Peter, K.** Zur Herstellung von Richtebenen und Richtlinien. Zeitschr. für wiss. Mikroskopie XV. S. 31—50.

(Einleitung von Born bespricht sein früheres Verfahren mit Orthostat und Klapptisch. Beschreibung des Born-Peterschen Verfahrens des Herstellens von Richtebenen beim Gießen des Blocks.)

1898. **Alexander, G.** Zu »Zur Herstellung von Richtebenen und Richtlinien« von G. Born und K. Peter. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie XV. S. 446—448. 1 Fig.

(Polemisches.)

Digitized by Google

1898. **Éternod, A. C. F.** Instruments et procédés micrographiques nouveaux. III. Définisseur pour les blocs de paraffine. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie XV. S. 421—425. 3 Fig.
(Beschreibung einer komplizierten Guillotine zum Beschneiden von Paraffinblöcken.)

1898. **Suzuki, B.** Über eine neue Vorrichtung zum Schneiden der Richtebene. Anatomischer Anzeiger XIV. S. 353—355 (mit nachträglichen Bemerkungen ebenda S. 622).
(Beschreibung eines Beschneiders.)

1898. **Hoffmann, R. W.** Zur Orientierung kleinster mikroskopischer Objekte. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie XV. S. 312—316.
(Modifikation des PATTENschen Verfahrens.)

1898—1901. **Lee, A. B.** und **Mayer, P.** Grundzüge der mikroskopischen Technik. Berlin, Friedländer.
(S. 81—82: Orientieren für Paraffinobjekte; S. 98—99: für Celloidinobjekte; S. 270: Rekonstruktion: FOLS Methode.)
II. Auflage 1901.
(S. 90—92: Orientieren; S. 294—296: Rekonstruktion.)

1899. **Vosmaer, G. C. J.** Eine einfache Modifikation zur Herstellung von Plattendiagrammen. Anat. Anzeiger XVI. S. 269—271.
(Diagramme aus Celluloidplatten.)

1899. **Bromann, J.** Die Entwicklungsgeschichte der Gehörknöchelchen beim Menschen. Anat. Hefte XI. S. 555—559.
(Verwendung von Karton zu Plattenmodellen.)

1899. **Virchow, H.** Ein Schneideapparat zum Zerteilen flächenhafter Präparate, »Membranzerteiler«. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. 16. S. 295—299.
(Beschreibung des Instrumentes.)

1899. **Neumayer, L.** Studie zur Entwicklungsgeschichte des Gehirns der Säugetiere. Festschrift für KUPFFER, Jena S. 459.
(Bestreichen der Richtebene mit Ruß-Zaponlack.)

1899. **Peter, K.** Demonstration des BORN-PETERschen Verfahrens zur Herstellung von Richtebenen und Richtlinien, nebst einigen Zusätzen zu dem Aufsatz in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. 15. Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft Tübingen S. 134—136.
(Enthält einige neue Vorschriften.)

Digitized by Google

1900. **Born, G.** Rekonstruktionsmethoden. Taschenbuch der mikroskopischen Technik von Böhm & Oppel (4. Auflage) S. 70—78. München.

(Kurze Zusammenfassung der Technik der Rekonstruktionsmethoden.)

1900. **Schaffer, J.** Eine Zuschneidevorrichtung für Paraffinblöcke. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie XVI. S. 417—421. 2 Fig.

(Ein auch zum Herstellen von Richtflächen verwendbarer Zuschneideapparat in Form einer Guillotine.)

1900. **Justesen, P. Th.** Zur Entwicklung und Verzweigung des Bronchialbaumes der Säugetierlunge. Archiv für mikroskopische Anatomie LVI. S. 617–621.

(Diagramme, stroboskopisch betrachtet.)

1900. **Drew, G. A.** A modification of Patten's Method of imbedding small objects for sectioning in definite planes. Zoologischer Anzeiger XXIII. S. 170—174. 4 Fig.

(Betrifft Überführung kleiner Embryonen aus Nelkenöl in Nelkenölkollodium.)

1901. **Hoffmann, R. W.** Über das Orientieren und Schneiden mikroskopisch kleiner, undurchsichtiger und dotterreicher Objekte. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie XVII. S. 443–448.

(Orientieren unter Alkohol.)

1901. **Wilson, F. T.** A new system of obtaining directing marks in microscopical sections for proposes of reconstruction by wax-plate modelling. Zeitschr. f. wiss. Mikr. XVII. S. 169—177.

(Verwendung von osmiumgeschwärzten gestreckten Nervenbündeln als Richtzeichen.)

1901. **Bardeen, C. R.** Borns method of reconstruction by means of wax-plates as used in the Anatomical Laboratory of the John Hopkins University. John Hopkins Bulletin Vol. XII. April, May, June 1901. (Derselbe Titel auch unter 1900, Proc. of the Assoc. of Americ. Anatomists. S. 193—201.)

(Beschreibung der Methode und der vorbereitenden Verfahren mit manchen neuen Ratschlägen: Photographieren des Objekts, Schneiden, Zeichnen auf wagerechter Tafel, Gießen der Wachsplatten, Zusammensetzen des Modells.)

1902. **Tur, J.** Sur l'application d'une méthode graphique aux recherches embryologiques. Bibliogr. Anat. T. X. F. 2. p. 128—130. 2 Fig.

(Übereinanderzeichnen verschieden alter Keimscheiben.)

Digitized by Google

1902. **Petersen, W.** Zur Anwendung der plastischen Rekonstruktionsmethoden in der pathologischen Anatomie. Zentralbl. f. allgem. Pathol. u. pathol. Anat. Bd. XIII, H. 4. S. 119—121.
(Anwendung bei Modellierung von Karzinomen.)

1902. **Weber, A.** Une méthode de réconstruction graphique d'épaisseurs et quelques-unes de ses applications à l'embryologie. Bibl. anatom. XI. p. 13. 14 fig.
(Beschreibung seiner Methode zur graphischen Darstellung von Dickenverhältnissen embryonaler Lamellen.)

1903. **Peter, K.** Plastische Rekonstruktion. Enzyklopädie der mikroskopischen Technik. Berlin und Wien, Urban & Schwarzenberg. S. 1122—1142. 3 Fig.
(Beschreibung der Rekonstruktionsverfahren und der vorbereitenden Methoden.)

1904. **His, W.** Die Entwicklung des menschlichen Gehirns während der ersten Monate. Leipzig, Hirzel. 115 Abb. 176 S. S. 4.
(Glasmodelle: Zeichnen mit Glastinte auf unpräparierte Glasplatten.)

1904. **Roethig, P.** Handbuch der embryologischen Technik. Wiesbaden, Bergmann.
(Orientieren. Kap. 15: Rekonstruktionsverfahren. Beschreibung der Methoden und Vorbereitungen zu denselben.)

1904. **Schaper, A.** Eine Methode zur Durchschneidung großer Wachsplattenmodelle. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XXI. H. 2. S. 200—206. 4 Fig.
(Verwendung von durch den elektrischen Strom erhitzten Messingdrähten zur Modelldurchschneidung.)

1905. **Fleischmann, A.** Notiz über einen Apparat zur Herstellung von Wachsplatten für die Rekonstruktion. Zeitschr. für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. XXI. H. 4. S. 445—446. 1 Fig.)
(Statt Lithographierstein empfiehlt FLEISCHMANN Eisenplatte, statt der Messingstreifen runde Scheiben, an der Walze anzubringen.)

1905. **Peter, K.** Der Anstrich der Richtebene. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie. Bd. XXII. S. 530—538. 2 Taf.
(Nubian Blacking als Universalmittel empfohlen.)

Digitized by Google

1906. **Pohlman, A. G.** The Elements of three Dimension Reconstruction. (Manuskript.)

Beschreibung der Plattenmodelliermethode und der vorbereitenden Operationen mit viel neuen Vorschlägen. (Preparation of Material; Aids to Reconstruction (Photograph, Perfect orientation, Orienting surface. Methoden für Paraffin und Celloidin, darunter die für Gage-Fish-Blöcke.) Sectioning and mounting. Drawing for Reconstruction mit Beschreibung der Zeichentafel. The third Dimension. Apparat zum Plattenwalzen.)

Digitized by Google

Autoren-Verzeichnis.

Digitized by Google

Sach-Verzeichnis.

Digitized by Google

Digitized by Google

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google